



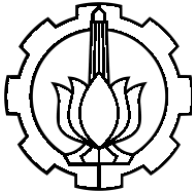
TUGAS AKHIR - RF-141501

**APLIKASI METODE *SPECTRAL DECOMPOSITION* PADA
DATA GAYA BERAT
STUDI KASUS : PEMODELAN ZONA SUBDUKSI BAGIAN
TIMUR PULAU JAWA**

FARID HENDRA PRADANA
NRP. 3713 100 033

Dosen Pembimbing :
Wien Lestari, ST., MT
NIP. 19811002 201212 2 003
Dr. Dwa Desa Warnana
NIP. 19760123 200003 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RF-141501

**APLIKASI METODE *SPECTRAL DECOMPOSITION* PADA
DATA GAYA BERAT
STUDI KASUS : PEMODELAN ZONA SUBDUKSI BAGIAN
TIMUR PULAU JAWA**

FARID HENDRA PRADANA
NRP. 3713 100 033

Dosen Pembimbing :
Wien Lestari, ST., MT
NIP. 19811002 201212 2 003
Dr. Dwa Desa Warnana
NIP. 19760123 200003 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



UNDERGRADUATE THESIS - RF-141501

**SPECTRAL DECOMPOSITION METHOD APPLICATION ON
GRAVITY DATA
CASE STUDY : EASTERN JAVA SUBDUCTION ZONE
MODELLING**

FARID HENDRA PRADANA
NRP. 3713 100 033

Supervisor :
Wien Lestari, ST., MT
NIP. 19811002 201212 2 003
Dr. Dwa Desa Warnana
NIP. 19760123 200003 1 001

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**APLIKASI METODE SPECTRAL DECOMPOSITION PADA DATA
GAYA BERAT
STUDI KASUS : PEMODELAN ZONA SUBDUKSI BAGIAN TIMUR
PULAU JAWA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Pada

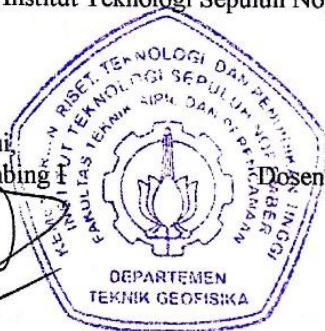
Departemen Teknik Geofisika

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 6 Juli 2017

Menyetujui
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Wien Lestari, ST., MT
NIP. 19811002 201212 2 003

Dr. Dwa Desa Warnana
NIP. 19760123 200003 1 001

Mengetahui,
Kepala Laboratorium
Geofisika Eksplorasi

Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si., MT
NIP. 19690906 199702 1 001

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “*APLIKASI METODE SPECTRAL DECOMPOSITION* PADA DATA GAYA BERAT, STUDI KASUS PEMODELAN ZONA SUBDUKSI BAGIAN TIMUR PULAU JAWA” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 6 Juli 2017

Farid Hendra Pradana
NRP. 3713 100 033

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

**APLIKASI METODE *SPECTRAL DECOMPOSITION* PADA DATA
GAYA BERAT
STUDI KASUS : PEMODELAN ZONA SUBDUKSI BAGIAN TIMUR
PULAU JAWA**

Nama : Farid Hendra Pradana
NRP : 3713 100 033
Departemen : Teknik Geofisika
Pembimbing : Wien Lestari, ST., MT
Dr. Dwa Desa Warnana

ABSTRAK

Pemodelan data gaya berat adalah proses pembuatan model geometri dan perhitungan persebaran nilai masa jenis bawah permukaan. Pemodelan data gaya berat biasanya menggunakan metode inversi dimana subjektivitas *interpreter* sangat memengaruhi model yang dihasilkan meskipun telah dikontrol oleh data sekunder lainnya, misalnya data geologi. *Spectral decomposition* merupakan salah satu metode yang diharapkan dapat menjadi alternatif dalam melakukan pemodelan geometri data gaya berat dimana model geometri didekati langsung dari bentuk gelombang hasil filter tiap kandungan frekuensi yang diposisikan pada suatu kedalaman dengan parameter tertentu sehingga didapatkan model yang lebih objektif. Penelitian ini bertujuan mencari nilai parameter dan jenis filter yang sesuai untuk digunakan dalam penggunaan metode *spectral decomposition* data gaya berat dengan studi kasus pemodelan zona subduksi bagian Timur Pulau Jawa. Parameter-parameter tersebut antara lain adalah, hubungan antara nilai *cut off* frekuensi spasial dan kedalaman, nilai skala model, dan jenis filter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan *cut off* panjang gelombang (λ) dan kedalaman (d) yang sesuai adalah $d = \frac{1}{10}\lambda$, skala model yang sesuai adalah normalisasi sebesar d , dan jenis filter yang sesuai adalah kombinasi antara *Band-Pass* dan *Low-Pass Filter*. Model hasil metode *spectral decomposition* terbukti cukup baik digunakan sebagai model awal proses inversi gaya berat.

Kata Kunci : Gaya Berat, Filter Frekuensi, Parameter *Spectral Decomposition*, Pemodelan Geometri, Zona Subduksi Jawa.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

**SPECTRAL DECOMPOSITION METHOD APPLICATION ON
GRAVITY DATA
CASE STUDY : EASTERN JAVA SUBDUCTION ZONE MODELLING**

Name : Farid Hendra Pradana
NRP : 3713 100 033
Department : Teknik Geofisika
Supervisor : Wien Lestari, ST., MT
Dr. Dwa Desa Warnana

ABSTRACT

Gravity modelling is a process that is conducted to know about the geometry and distribution of density value in subsurface. Gravity modelling usually done by doing inversion process where the subjectivity of interpreter greatly affect the result model even though it could be controlled by secondary data, such as, geological data. In this research, it had been conducted a validation and application process of using spectral decomposition method as an alternative method to model the gravity data with the study case of eastern java subduction zone modelling which the geometry model was directly approached by waveform of the filter and resulted in each frequency content positioned at a depth of a certain parameter. These parameters were the correlation between the cutoff value of the spatial frequency and depth, the model scale value, and the type of filter used. From the research results, it was known that the best correlation between wavelength (λ) and depth (d) to create a model is $d = 1/10 \lambda$, the model scale of each corresponding depth was normalized with interval of d , and the corresponding filter type that fit the model well was the combination between Band-Pass and Low-Pass Filter. The resulting model of the spectral decomposition method was very well used as the initial model of gravity inversion process.

Keywords: Gravity method, Frequency Filter, Spectral Decomposition Parameter, Geometry Modeling, Java Subduction Zone.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul “APLIKASI METODE *SPECTRAL DECOMPOSITION* PADA DATA GAYA BERAT, STUDI KASUS PEMODELAN ZONA SUBDUKSI BAGIAN TIMUR PULAU JAWA” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penelitian Tugas Akhir ini meliputi uji coba parameter yang sesuai digunakan pada metode *Spectral Decomposition* untuk data gaya berat serta pemodelan bentukan geometri bawah permukaan zona subduksi bagian Timur Pulau Jawa. Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Ibu, Bapak, dan semua keluarga atas dukungan yang sangat besar selama penulis menjalani Tugas Akhir ini.
- Ibu Wien Lestari, ST., MT, Bapak Dr. Dwa Desa Warnana, dan Bapak Firman Syaifuddin Akbar, S.Si, MT. selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
- Seluruh jajaran Dosen, staf, dan karyawan Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
- Teman-teman mahasiswa Teknik Geofisika ITS khususnya TG2.
- Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu oleh penulis, terima kasih banyak atas doa dan dukungannya.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu, saran dan kritik sangat penulis harapkan untuk memperbaiki penulisan. Akhir kata penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca serta dapat memberikan kontribusi nyata di bidang Geofisika.

Surabaya, 6 Juli 2017

Penulis

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Prinsip Dasar Metode Gravitasi	5
2.2 Pengukuran Gaya Berat Melalui Satelit	6
2.3 Pemodelan ke Depan (Forward Modelling)	6
2.4 Transformasi Fourier.....	8
2.5 Analisis Spektrum	9
2.6 Filter Frekuensi	10
2.7 Hubungan Gempa Bumi dan Struktur Tektonik.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Diagram Alir Penelitian	13
3.2 Kerangka Konsep Penelitian	14
3.2.1 Tahap Validasi	14
3.2.2 Tahap Pemodelan Subduksi	15
3.3 Lokasi Penelitian.....	15
3.4 Peralatan dan Data.....	16
BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Analisis Data	19
4.1.1 Data Gempa Bumi.....	19
4.1.2 Data Gaya Berat	21
4.1.3 Model Densitas Subduksi.....	25
4.2 Tahap Validasi	26
4.2.1 Pembuatan Model Densitas Subduksi (2D).....	26
4.2.2 Forward Modelling.....	29
4.2.3 Spectral Decomposition	30
4.2.4 Pembuatan Model	36
4.2.5 Analisis Perbandingan Model Awal dan Model Hasil Spectral Decomposition	42

4.3 Tahap Pemodelan Subduksi	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55
BIODATA PENULIS	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Seismotektonik Indonesia.	1
Gambar 2.1	Prinsip Dasar Hukum Gravitasi Newton	5
Gambar 2.2	Pemodelan ke Depan.....	6
Gambar 2.3	Proses Transformasi <i>Fourier</i>	8
Gambar 2.4	Proses Analisa Spektrum	10
Gambar 2.5	Ilustrasi Filter Frekuensi	11
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.	13
Gambar 3.2	Kerangka Konsep Penelitian Tahap Validasi (A).	14
Gambar 3.3	Kerangka Konsep Penelitian Tahap Pemodelan Subduksi (B). .	15
Gambar 3.4	Lokasi Penelitian.....	16
Gambar 4.1	Persebaran Gempa Bumi pada Daerah Penelitian	19
Gambar 4.2	Lokasi Irisan Garis Membujur Gempa Bumi.	20
Gambar 4.3	Penampang Membujur Lokasi Gempa Bumi.	21
Gambar 4.4	Anomali Gaya Berat WGM 2012 Bouger (Kiri) dan Udara Bebas (Kanan).....	22
Gambar 4.5	Penampang Membujur Nilai Anomali Bouger dan Udara Bebas Garis A-B	23
Gambar 4.6	Penampang Membujur Nilai Anomali Bouger dan Udara Bebas Garis C-D	24
Gambar 4.7	Penampang Membujur Nilai Anomali Bouger dan Udara Bebas Garis E-F	25
Gambar 4.8	Model Densitas Subduksi I.	26
Gambar 4.9	Model Densitas Subduksi II.....	26
Gambar 4.10	Hasil Konversi Model Gambar (Raster RGB) menjadi Model Mesh Grid (xyz) Model Subduksi I (a) dan II (b).	27
Gambar 4.11	Model I Hasil Pemanjangan.	28
Gambar 4.12	Hasil <i>Forward Modelling Mesh Grid</i> Model Densitas Subduksi I (a) dan II (b).	30
Gambar 4.13	Respon Anomali Gaya Berat dalam Domain Bilangan Gelombang (Frekuensi Spasial).	31
Gambar 4.14	Hasil Pengondisian/Perpanjangan Profil Gaya Berat.	32
Gambar 4.15	Persebaran Nilai <i>Cut Off</i> yang Tersebar Merata secara Logaritmik pada Kandungan Frekuensi Model I (Titik Merah). (Kandungan Frekuensi Model II Terlampir).	33
Gambar 4.16	Hasil Filter <i>low-pass</i> Model I sesuai Nomor <i>Cut Off</i>	34
Gambar 4.17	Kumpulan Hasil Filter <i>Low-pass</i> Model I sesuai Nomor <i>Cut Off</i> . (Hasil Filter <i>Low-pass</i> Model II Terlampir).	35
Gambar 4.18	Kumpulan Hasil Filter <i>Band-pass</i> Model I sesuai Nomor <i>Cut Off</i> . (Hasil Filter <i>Band-pass</i> Model II Terlampir).	35
Gambar 4.19	Kumpulan Hasil Filter <i>High-pass</i> Model I sesuai Nomor <i>Cut Off</i> . (Hasil Filter <i>High-pass</i> Model II Terlampir).	36

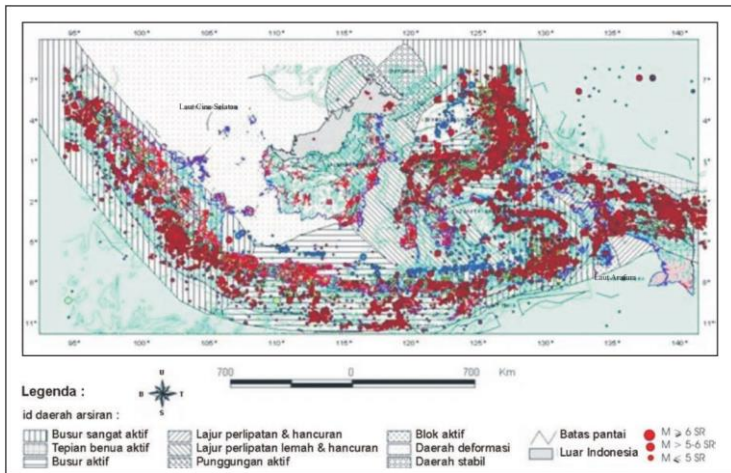
Gambar 4.20	Perbandingan Skala dan Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (Low Pass) Model I.	38
Gambar 4.21	Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (High Pass) model I.	38
Gambar 4.22	Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (Low Pass) model II.	39
Gambar 4.23	Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (High Pass) model II.	39
Gambar 4.24	Profil Gaya Berat Terpilih Model I (a) dan II (b).	40
Gambar 4.25	Proses Dijitasi dan Pemberian Nilai Densitas Model I (a) dan II (b)	41
Gambar 4.26	Hasil Spectral Decomposition Respon Gaya Berat Model I (a) dan II (b).	42
Gambar 4.27	Perbandingan Model I (a) dengan Hasil <i>Spectral Decomposition</i> Respon Gaya Berat Model I (b)	43
Gambar 4.28	Perbandingan Respon Gaya Berat Model I (Garis Biru) dengan Respon Gaya Berat <i>Spectral Decomposition</i> (Garis Merah)	43
Gambar 4.29	Perbandingan Model II (a) dengan Hasil <i>Spectral Decomposition</i> Respon Gaya Berat Model II (b).	44
Gambar 4.30	Perbandingan Respon Gaya Berat Model II (Garis Biru) dengan Respon Gaya Berat <i>Spectral Decomposition</i> (Garis Merah)	44
Gambar 4.31	Garis Membujur pada Anomali Gaya Berat yang akan Dilakukan Proses <i>Spectral Decomposition</i>	45
Gambar 4.32	Nilai <i>Cut Off</i> pada Kandungan Frekuensi Garis A-B (a) dan A2-B2 (b).	46
Gambar 4.33	Hasil Filter <i>Low-Pass</i> Garis A-B (a) dan A2-B2 (b) sesuai Nomor <i>Cut Off</i>	47
Gambar 4.34	Hasil Filter <i>low-pass</i> Garis A2-B2 Sesuai Nomor <i>Cut Off</i>	48
Gambar 4.35	Model Subduksi.	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zona subduksi adalah tempat pertemuan atau tumbukan antar lempeng tektonik Bumi, yaitu lempeng samudra dan lempeng benua. Lempeng samudra bergerak menunjam ke bawah lempeng benua akibat massa jenisnya yang lebih tinggi. Pulau Jawa merupakan wilayah Indonesia yang secara seismotektonik paling terpengaruh oleh kondisi ini. Akibat tunjangan tersebut, banyak terbentuk struktur-struktur geologi regional aktif di wilayah daratan maupun lautan Pulau Jawa yang menyebabkan terjadinya gempa bumi (Soehaimi,A, 2008). Susunan lokasi-lokasi gempa bumi sangat berkorelasi dengan bentukan struktur sumbernya sehingga dapat digunakan sebagai gambaran bentuk struktur subduksi.



Gambar 1.1 Peta Seismotektonik Indonesia (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 2003).

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk memodelkan fitur tektonik dalam, seperti subduksi, adalah metode gaya berat. Hasil pengukuran gaya berat, khususnya melalui satelit, dari pesisir Selatan sampai pantai Utara Pulau Jawa memperlihatkan adanya nilai anomali Bouguer positif yang besar di sepanjang pantai Selatan Jawa yang dapat ditafsirkan sebagai struktur sejenis sembul yang menunjukkan suatu kenaikan terus menerus. Proses sembul tersebut berkorelasi dengan adanya subduksi di Samudera Hindia. Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang pemodelan zona subduksi pulau

jawa melalui data gaya berat diketahui beberapa informasi, yaitu sudut inklinasi penunjaman lempeng samudera di bagian timur Pulau Jawa dan tengah berkisar antara 3.4^0 - 8.2^0 , kedalaman rata-rata batuan dasar tersier di Pulau Jawa adalah 2.7 km, dan kedalaman rata-rata batas *Mohorovicic* di Pulau Jawa adalah 25.6 km (Indriana, 2008). Beberapa penelitian lain untuk memodelkan zona subduksi menggunakan data gaya berat juga telah dilakukan melalui proses inversi baik 2D maupun 3D (Setiawan M.R., 2015). Namun, perlu diketahui bahwa bentukan model yang dihasilkan melalui proses inversi memiliki ambiguitas dan subjektivitas yang tinggi meskipun telah dikontrol oleh data sekunder lainnya. Suatu anomali gaya berat dapat menghasilkan lebih dari 10.000 variasi model (Biswas, A, 2015). *Spectral Decomposition* adalah proses penyusunan model yang diturunkan langsung dari kandungan frekuensi tertentu yang merepresentasikan kedalaman tertentu. Penggunaan metode filter frekuensi *spectral decomposition* untuk menyusun suatu model geometri bawah permukaan secara langsung diharapkan dapat meminimalkan faktor subjektivitas dalam pembuatan model bawah permukaan dari data gaya berat. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses validasi metode *spectral decomposition* pada data gaya berat serta aplikasinya dalam memodelkan zona subduksi bagian Timur Pulau Jawa.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah ada di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendapatkan nilai parameter yang sesuai untuk aplikasi metode *spectral decomposition* pada data gaya berat ?
2. Bagaimana cara mengaplikasikan metode *spectral decomposition* dalam studi kasus pemodelan bentuk subduksi di bagian Timur Pulau Jawa melalui data gaya berat satelit ?

1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang sudah didapatkan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Validasi hasil dari penggunaan parameter *spectral decomposition* terhadap bentukan model dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif menggunakan metode korelasi silang.
2. Data anomali gaya berat didapatkan dari model anomali gaya berat hasil pengukuran satelit altimetri TOPEX dan model anomali gaya berat WGM2012.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan nilai parameter yang sesuai untuk aplikasi metode *spectral decomposition* pada data gaya berat.
2. Mendapatkan model geometri subduksi di bagian Timur Pulau Jawa menggunakan metode *spectral decomposition* pada data gaya berat satelit.

1.5 Manfaat Penelitian

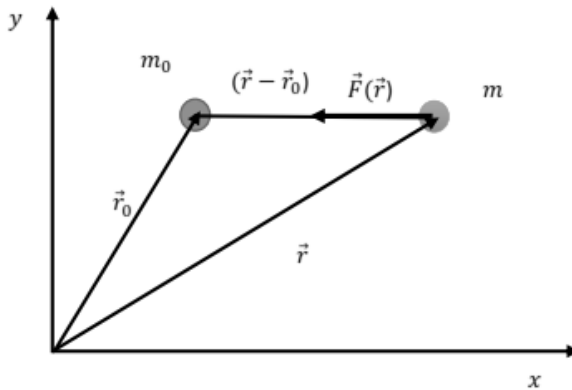
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi baru mengenai studi *spectral decomposition* terhadap data gaya berat serta sistem subduksi yang ada di Pulau Jawa. Selain itu diharapkan dapat memberikan referensi bagi peneliti lain dari berbagai aspek ilmu khususnya geofisika dan seismotektonik.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Dasar Metode Gravitasi

Metode gravitasi merupakan suatu metode yang berdasarkan pada hukum Newton tentang gaya tarik menarik antar partikel. Hukum Newton tersebut menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua partikel dengan massa m_0 dengan m_1 yang terpisah sejauh r dari pusat massanya sebanding dengan perkalian massa m_0 dengan m_1 dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya (gambar 2.1). Gaya tersebut dijabarkan pada persamaan 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip Dasar Hukum Gravitasi Newton (A'la M.R.,2016).

$$\vec{F}(\vec{r}) = -G \frac{m_0 m}{|\vec{r} - \vec{r}_0|^2} \times \frac{(\vec{r} - \vec{r}_0)}{|\vec{r} - \vec{r}_0|} \quad \dots (2.1)$$

Dengan $\vec{F}(\vec{r})$ adalah gaya yang bekerja pada m oleh karena adanya m_0 dan memiliki arah yang berlawanan dengan arah $\vec{r} - \vec{r}_0$ yaitu dari m_0 menuju m dan G adalah konstanta umum gravitasi yang bernilai $6.67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}$.

Dalam metode gravitasi, nilai yang terukur adalah suatu medan gravitasi. Medan gravitasi dari partikel m_0 adalah besarnya gaya per satuan massa pada suatu titik sejauh $\vec{r} - \vec{r}_0$ dari m_0 yang dijabarkan pada persamaan 2.2.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{m} = -G \frac{m_0(r_0)}{|\vec{r} - \vec{r}_0|^2} \times \frac{(\vec{r} - \vec{r}_0)}{|\vec{r} - \vec{r}_0|} \quad \dots (2.2)$$

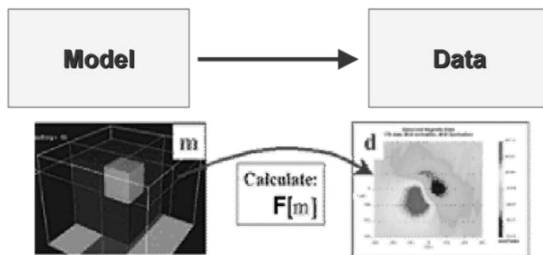
2.2 Pengukuran Gaya Berat Melalui Satelit

Salah satu metode geofisika yang paling terkenal adalah metode gaya berat / gravitasi. Metode ini digunakan untuk mencari nilai beda percepatan gravitasi pada suatu daerah. Akuisisi data gravitasi biasanya dilakukan dengan tiga cara, yaitu *land surface*, *marine*, dan *airborne survey*. Seiring dengan perkembangan teknologi nilai gaya berat juga dapat diukur melalui satelit. Pengukuran melalui satelit dapat bersifat pasif dan aktif. Pengukuran pasif meliputi metode *tracking* lintasan/orbit satelit relatif terhadap permukaan bumi (ground) ataupun terhadap satelit lain sedangkan pengukuran aktif memanfaatkan peralatan altimeter yang terdapat pada satelit (*electromagnetic or laser pulse*).

Adanya variasi hasil pengukuran metode aktif maupun pasif dapat dikorelasikan dengan adanya anomali gravitasi atau suatu fitur geologi tertentu yang ada di Bumi. Setiap tipe pengukuran memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pengukuran pasif memiliki jangkauan pengukuran yang luas (*land surface* maupun *sea surface*) namun memiliki resolusi data yang kurang dibandingkan pengukuran aktif sedangkan pengukuran aktif memiliki resolusi yang lebih baik dibanding pengukuran pasif namun hanya dapat mengukur nilai gravitasi di *sea surface*. (Hinze dkk,2013).

2.3 Pemodelan ke Depan (Forward Modelling)

Salah satu metode dalam proses pemodelan geofisika adalah pemodelan kedepan atau *forward modelling*. Pemodelan kedepan dibuat berdasarkan pengetahuan geologi dan geofisika, dimana nilai anomali geofisika dihitung dari suatu model yang telah diketahui atau ditentukan sifat fisisnya (Blakely dkk, 1996).



Gambar 2.2 Pemodelan ke Depan (Sumber : Grandis, H. dkk. ,2008).

Pada pemodelan kedepan metode gravitasi, model sintetik yang di buat merupakan model prisma rectangular dengan geometri dan nilai rapat massa yang dapat ditentukan sembarang sesuai dengan kebutuhan. Dari model-model

yang dibuat, kemudian dihitung respon gravitasinya pada bidang pengukuran yang telah ditentukan besar luasannya. Pada umumnya model prisma rectangular merupakan salah satu cara pendekatan yang sederhana dari sebuah volume massa. Jika masing-masing sel atau prisma cukup kecil, maka dapat diasumsikan sel-sel tersebut mempunyai densitas yang konstan. Kemudian dengan menggunakan prinsip superposisi, maka anomali gravitasi bodi tersebut dapat didekati dengan menjumlahkan pengaruh semua prisma. Medan gravitasi yang diperoleh tersebut secara matematis dapat diuraikan seperti berikut ini (Blakely dkk, 1996):

Potensial gravitasi U di titik P

$$U(P) = G \int_R \frac{\rho}{r} dv \quad \dots (2.3)$$

Percepatan gravitasi g

$$\begin{aligned} g(P) &= \nabla U \\ &= -G \int_R \rho \frac{\hat{r}}{r^2} dv \end{aligned} \quad \dots (2.4)$$

dimana r merupakan jarak antara titik P dengan elemen bodi dv , G merupakan konstanta Gravitasi, dan ρ merupakan densitas bodi yang telah ditentukan nilainya. Dengan demikian, percepatan gravitasi vertikal g untuk single prism dapat dicari dengan menurunkan potensial gravitasi terhadap bidang vertikal z , maka:

$$\begin{aligned} g(x, z) &= \frac{\partial U}{\partial z} \\ g(x, z) &= -G \int_{z'} \int_{x'} \rho(x', z') \frac{(z-z')}{r^3} dx' dz' \end{aligned} \quad \dots (2.5)$$

dimana

$$r = \sqrt{(x - x')^2 + (z - z')^2} \quad \dots (2.6)$$

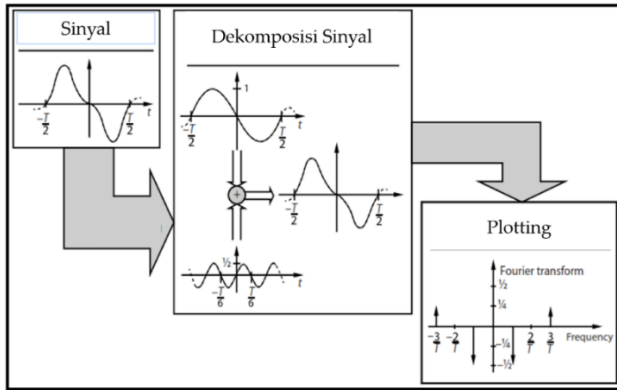
Persamaan 2.6 tersebut berdasarkan perhitungan Blakely (1995) dapat diuraikan sebagai berikut:

$$g(x, z) = G\rho \int_{z_1}^{z_2} \int_{x_1}^{x_2} \frac{z'}{(x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} dx' dz' \quad \dots (2.7)$$

dimana $g(x, z)$ merupakan percepatan gravitasi di permukaan bumi, dan G merupakan konstanta Gravitasi bumi sebesar $6,67 \times 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$. Persamaan 2.7 menunjukkan bahwa percepatan gravitasi g di permukaan bumi bervariasi berdasarkan distribusi massa di bawah permukaan yang ditunjukkan oleh fungsi densitas ρ

2.4 Transformasi Fourier

Proses penentuan anomali regional-residual pada umumnya dilakukan dalam domain frekuensi, mengingat benda-benda anomali residual berasosiasi dengan frekuensi tinggi sedangkan anomali regional berasosiasi dengan frekuensi rendah. Untuk itu data gravitasi yang merupakan data dalam domain spasial harus terlebih dahulu ditransformasi menjadi domain frekuensi. Transformasi Fourier berdasarkan Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics (Sheriff, 2001) merupakan formula yang digunakan untuk mengkonversi data dalam domain waktu atau spasial menjadi domain frekuensi atau bilangan gelombang.



Gambar 2.3 Proses Transformasi *Fourier* (Sumber : Reynolds, J.M., 2011).

Transformasi Fourier yang diturunkan Blakely (1996) untuk kasus 2D atau terdiri dari dua variabel dapat dirumuskan secara sederhana seperti persamaan berikut ini:

$$G(k_x, k_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) e^{-i(k_x x + k_y y)} dx dy \quad \dots (2.8)$$

dimana (k_x, k_y) merupakan bilangan gelombang (frekuensi) yang berasosiasi dengan koordinat (x, y) , berturut-turut $k_x = 2\pi/\lambda_x$ dan $k_y = 2\pi/\lambda_y$. Dikarenakan data anomali gravitasi yang dalam hal ini $f(x, y)$ diketahui pada diskrit point dan juga keterbatasan komputer, maka digunakan transformasi Fourier Diskrit atau Discrete Fourier Transform yang dapat dituliskan dengan rumus:

$$G(k, l) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} g(m, n) e^{2\pi i (\frac{km}{M} + \frac{ln}{N})} \quad \dots (2.9)$$

dimana, (m,n) = bilangan bulat (integer) yang menyatakan grid point dalam domain spasial
(k,l) = bilangan bulat (integer) yang menyatakan grid point dalam domain frekuensi
(M,N) = bilangan bulat (integer) yang menyatakan jumlah kolom dan baris data.

Perlu diingat bahwa data pada awalnya ditampilkan dalam kontur anomali merupakan data dalam domain spasial atau waktu, dan proses filtering dilakukan dalam domain frekuensi, dan untuk menampilkan data tersebut kembali perlu dilakukan inverse fourier transform yakni mengembalikan data dalam domain frekuensi menjadi data dalam domain spasial. Proses inversi transformasi Fourier dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$g(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(k_x, k_y) e^{i(k_x x + k_y y)} dk_x dk_y \dots (2.10)$$

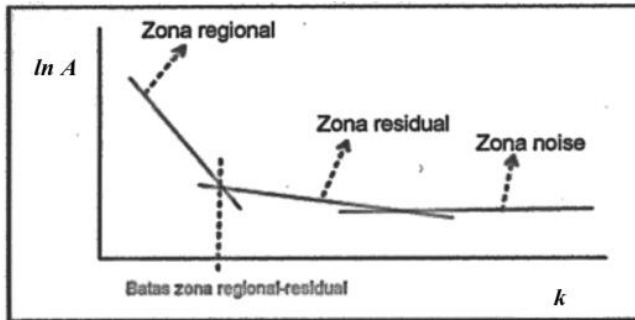
Sedangkan transformasi inverse dalam kasus diskrit, dapat dijabarkan dalam persamaan :

$$g(m, n) = \frac{1}{M} \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} G(k, l) e^{2\pi i (\frac{km}{M} + \frac{ln}{N})} \dots (2.11)$$

2.5 Analisis Spektrum

Data anomali Bouguer yang diperoleh merupakan hasil superposisi dari komponen anomali dari berbagai kedalaman. Kedalaman anomali menjadi suatu persoalan yang sangat penting pada tahap interpretasi lebih lanjut untuk mengetahui posisi dan jangkauan kedalaman data yang dimiliki. Analisis spektrum merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk membantu mengetahui estimasi kedalaman anomali pada sebaran frekuensi dari data anomali Bouguer.

Proses analisis spektrum biasanya dilakukan dalam satu dimensi, dimana anomali Bouguer yang terdistribusi pada penampang *cross section* 1D diekspansi dengan deret Fourier. Proses Transformasi Fourier dilakukan dengan tujuan mengubah data dari domain waktu atau spasial menjadi domain frekuensi atau bilangan gelombang. Dengan menganalisis bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A), kita dapat memperkirakan besar kedalaman estimasi anomali regional dan residual serta dapat menentukan lebar jendela filter dari perhitungan frekuensi cutoff dari analisis spektrum.



Gambar 2.4 Proses Analisa Spektrm (Sari, I.P.,2012).

2.6 Filter Frekuensi

Proses filter dapat dilakukan dengan mentranformasi data spasial ke data frekuensi dengan menggunakan Transformasi Fourier, membuang komponen-komponen frekuensi tertentu dan melakukan transformasi invers kembali kedalam data spasial (Telford dkk, 1976) untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk kontur anomali. Pada prinsipnya metode filter frekuensi atau panjang gelombang merupakan filter yang digunakan dalam proses pemisahan anomali regional-residual berdasarkan kelompok frekuensi atau panjang gelombang tertentu. Jenis-jenis filter frekuensi / panjang gelombang diantaranya adalah sebagai berikut:

- Lowpass filter merupakan filter frekuensi yang membuang frekuensi atau bilangan gelombang tinggi dan menampilkan anomali dengan frekuensi atau bilangan gelombang rendah yang berasosiasi dengan anomali regional.

Dalam kasus 1D:

$$H(u) = 0, \text{ jika } u > u_1$$

$$H(u) = 1, \text{ jika } u < u_1$$

Dalam kasus 2D: $H(u,v) = 0, \text{ jika } (u+v)^{1/2} > w_1$

$$H(u,v) = 1, \text{ jika } (u+v)^{1/2} < w_1$$

- Highpass filter merupakan filter frekuensi yang membuang frekuensi atau bilangan gelombang rendah dan menampilkan anomali dengan frekuensi atau bilangan gelombang tinggi yang berasosiasi dengan anomali residual.

Dalam kasus 1D:

$$H(u) = 0, \text{ jika } u < u_1$$

$$H(u) = 1, \text{ jika } u > u_1$$

Dalam kasus 2D:

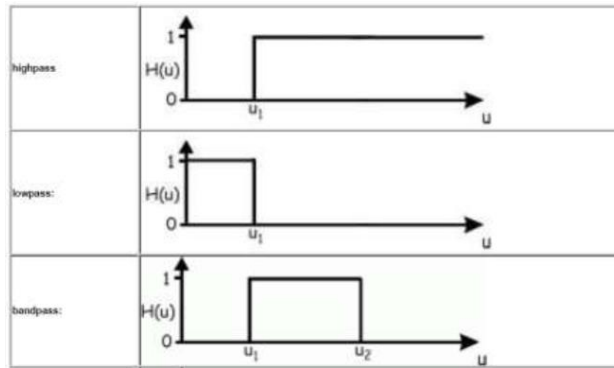
$$H(u,v) = 0, \text{ jika } (u+v)^{1/2} < w_1$$

$$H(u,v) = 1, \text{ jika } (u+v)^{1/2} > w_1$$

- Bandpass filter merupakan filter frekuensi yang digunakan untuk membuang frekuensi-frekuensi atau bilangan gelombang pada range tertentu sesuai dengan kebutuhan saat pengolahan data.

Dalam kasus 1D: $H(u) = 0$, jika $u < u_1$ atau $u > u_2$
 $H(u) = 1$, jika $u_2 < u < u_1$

Dalam kasus 2D: $H(u,v) = 0$, jika $(u+v)^{1/2} < w_1$ atau $(u+v)^{1/2} > w_2$
 $H(u,v) = 1$, jika $w_2 < (u+v)^{1/2} < w_1$



Gambar 2.5 Ilustrasi Filter Frekuensi (Sari, I.P.,2012).

2.7 Hubungan Gempa Bumi dan Struktur Tektonik

Seismotektonik merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang hubungan antara tektonik dengan kejadian gempa bumi (Soehaimi, A.,2008). Berdasarkan kondisi hubungan antara tektonik dan kegempaan, Pulau Jawa dapat dibagi menjadi dua lajur seismotektonik, yakni lajur seismotektonik tunjaman selatan Jawa dan lajur seismotektonik sesar sesar aktif daratan Jawa. Karakteristik lajur seismotektonik tunjaman selatan Jawa merupakan bagian dari Lempeng tektonik Samudra Hindia – Australia yang menunjam di bawah bagian Lempeng tektonik Benua Asia – Eropa. Susunan lokasi gempa bumi sangat berkorelasi dengan bentukan struktur sumbernya sehingga dapat digunakan sebagai gambaran bentuk subduksi. Berdasarkan penampakan morfologi kedalaman kegempaan, lajur tunjaman selatan Jawa ini dapat dibagi atas enam lajur, yakni Lajur Selat Sunda, Lajur Jawa Barat Bagian Barat, Lajur Jawa Barat Bagian Timur - Jawa Tengah Bagian Barat, Lajur Jawa Tengah Bagian Timur-Jawa Timur Bagian Barat, Lajur Jawa Timur Bagian Timur - Madura, dan Lajur Bali. Batas antara lajur satu dengan lajur lainnya diperlihatkan oleh perbedaan sudut kemiringan tunjamannya dari satu tempat ke tempat lainnya dan disebut sebagai rumpang gempa bumi mendatar. Dari wilayah Jawa bagian barat hingga Jawa bagian timur sudut tunjaman tersebut makin tegak.

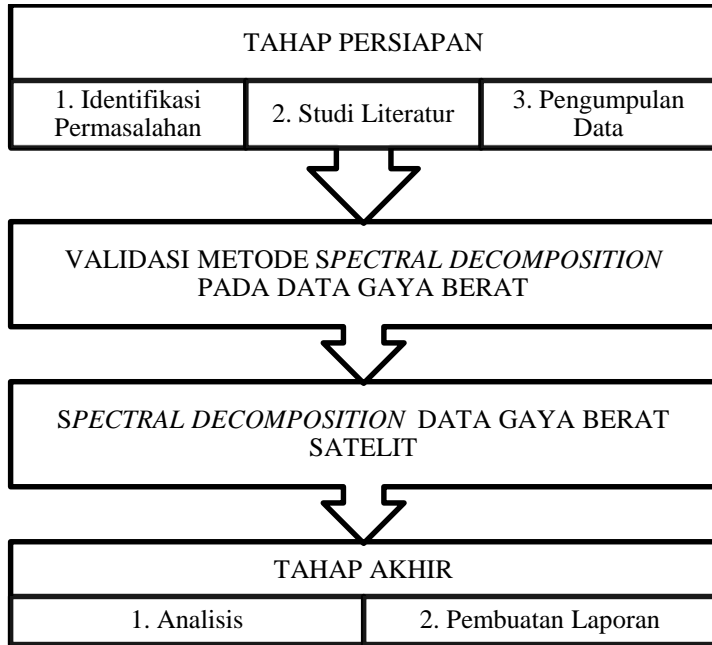
Kegempaan regional wilayah Jawa dapat dibagi atas dua kelompok kegempaan, yakni kegempaan lajur tunjaman selatan Jawa dan kegempaan lajur

sesar aktif Jawa. Gempa bumi lajur tunjaman Jawa dijumpai berkedalaman dangkal hingga dalam (0 – 400 km). Gempa bumi di lajur tunjaman ini umumnya tercatat berkekuatan >4 SR. Gempa bumi berkekuatan besar di wilayah Jawa ini dapat mencapai 8,5 SR, terutama di Jawa bagian barat, sedangkan yang berkekuatan 5 – 6 SR sering terjadi di wilayah Jawa bagian selatan. Gempa bumi lajur tunjaman ini umumnya memperlihatkan mekanisme gempa bumi sesar naik, gempa bumi bermekanisme sesar normal dapat juga terjadi pada lajur ini, terutama pada kedalaman >300 km di sebelah utara Jawa. Gempa bumi dengan mekanisme normal tersebut disebabkan oleh proses peregangan (*extension*) pada lajur di bawah rumpang gempa bumi (*seismic gap*).

BAB III METODE PENELITIAN

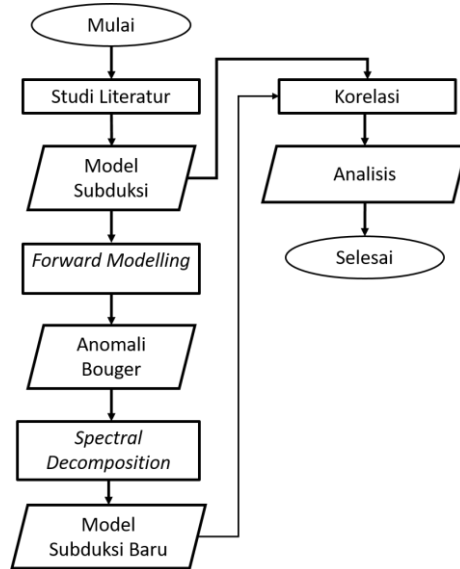
3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, kegiatan dalam penelitian tugas akhir digambarkan oleh diagram di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

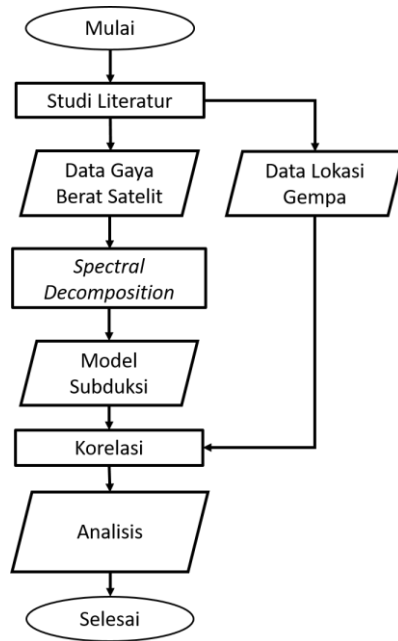
3.2 Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 3.2 Kerangka Konsep Penelitian Tahap Validasi (A).

3.2.1 Tahap Validasi

Tahap ini bertujuan untuk menentukan parameter-parameter yang sesuai untuk digunakan pada metode *spectral decomposition* dengan cara mengujinya pada dua buah model sintetis. Ada beberapa proses yang harus dilalui untuk melakukan pengujian metode *spectral decomposition* terhadap data gaya berat. Pertama-tama dilakukan pembuatan model densitas subduksi. Langkah berikutnya adalah melakukan *forward modelling* terhadap model subduksi tersebut sehingga didapatkan respon anomali gaya berat. Setelah itu, dilakukan proses *spectral decomposition* pada respon anomali gaya berat hasil *forward modelling*. Untuk mendapatkan bentuk model, maka dilakukan langkah penyusunan model, dan tahap terakhir adalah melakukan korelasi antara model hasil *spectral decomposition* dengan model densitas awal.



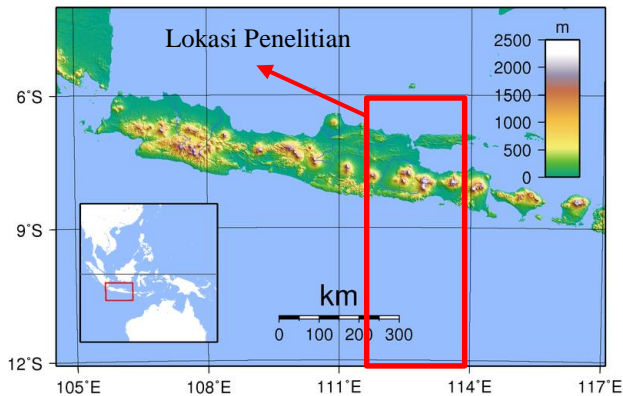
Gambar 3.3 Kerangka Konsep Penelitian Tahap Pemodelan Subduksi (B).

3.2.2 Tahap Pemodelan Subduksi

Tahap ini bertujuan untuk memodelkan subduksi dari data gaya berat asli menggunakan metode *spectral decomposition*. Ada beberapa proses yang harus dilalui untuk mendapat model subduksi tersebut Pertama-tama dilakukan dilakukan proses *spectral decomposition* pada respon anomali gaya berat asli berdasar parameter yang didapat pada tahap validasi. Untuk mendapatkan bentukan model, maka dilakukan langkah penyusunan model dengan bantuan titik kontrol berupa data gempa.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi objek penelitian tugas akhir adalah Pulau Jawa dan sekitarnya dengan bentang koordinat 112° - 114° E dan 6° - 12° S. Lokasi objek penelitian dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Lokasi Penelitian (Sumber : GMT from publicly released SRTM data).

3.4 Peralatan dan Data

- Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk mendukung berjalannya kegiatan penelitian tugas akhir ini diantaranya :

- a) Perangkat Keras (*Hardware*)
 - 1 buah Laptop
- b) Perangkat Lunak (*Software*)
 - *Microsoft Office 2010*
 - *Microsoft Excel 2010*
 - MATLAB
 - SURFER 11

- Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah data Sekunder berupa :

- Data anomali gaya berat

Data gaya berat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari WGM2012 (World Gravity Model 2012) keluaran dari BGI (Bureau Gravimetrique International) yang berada di bawah organisasi IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics). WGM 2012 adalah model anomali gaya berat seluruh dunia yang merupakan kombinasi antara pengukuran darat, laut, dan satelit. Resolusi data yang bisa dimanfaatkan adalah $2' \times 2'$ ($3.7 \text{ km} \times 3.7 \text{ km}$). Pada penelitian ini digunakan dua macam anomali gaya berat, yaitu Bouger dan udara bebas (free air).

- Data gempa

Data gempa bumi didapatkan dari website IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology). IRIS adalah organisasi non-profit konsorsium dari 120 Universitas di Amerika yang bertugas untuk melakukan akuisisi, manajemen, dan distribusi dari data seismologi. Pusat manajemen data IRIS telah tersertifikasi oleh ICSU World Data System sehingga terjamin kualitasnya. Data gempa bumi yang digunakan rentang tahun 1980 hingga 2017 dengan total sebanyak 2730 data.

- Model densitas subduksi

Model densitas subduksi didapatkan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas tentang pemodelan subduksi Pulau Jawa. Model subduksi I (pertama) diambil dari *Geophysical Journal International* (2011) volume 184 dengan judul “*Structural architecture of oceanic plateau subduction offshore Eastern Java and the potential implications for geohazard*”. Dalam penelitian ini model subduksi diperoleh dari hasil tomografi metode seismik berupa waktu tempuh dan model kecepatan yang kemudian diubah menjadi nilai densitas melalui persamaan Gardner.

Model densitas II (kedua) didapatkan dari disertasi dengan judul “*Tomographic investigation of the crust of central java, Indonesia*”. Dalam disertasi ini, model subduksi juga didapat dari metode tomografi seismik. Terdapat dua buah model subduksi tomografi seismik dan satu buah model subduksi konseptual.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

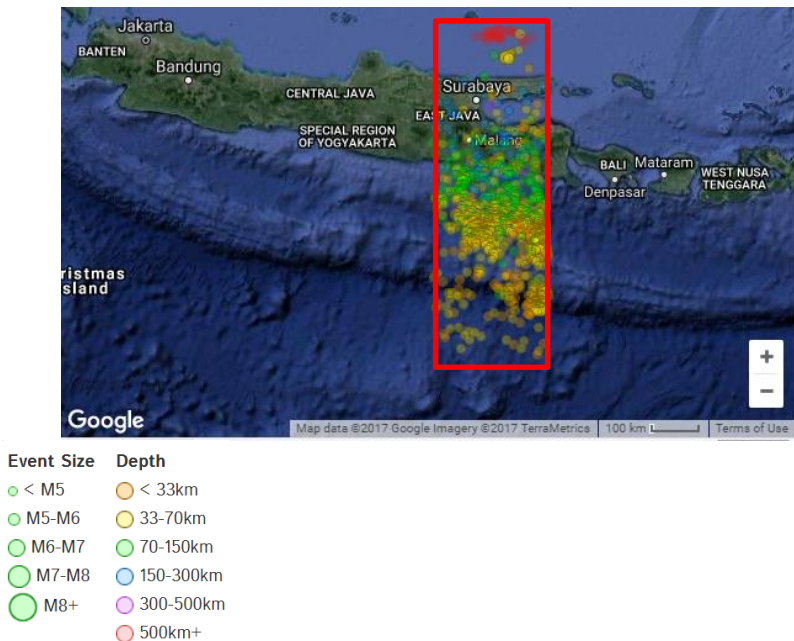
BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

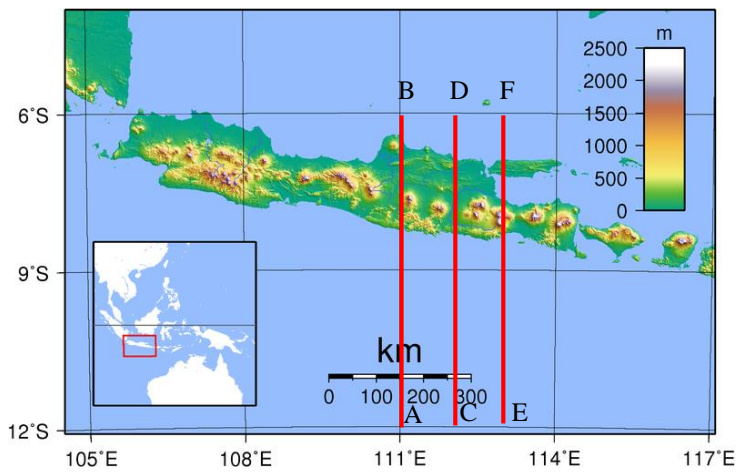
Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain, data gempa bumi, data gaya berat (anomali Bouguer dan anomali udara bebas), dan model densitas dari subduksi.

4.1.1 Data Gempa Bumi

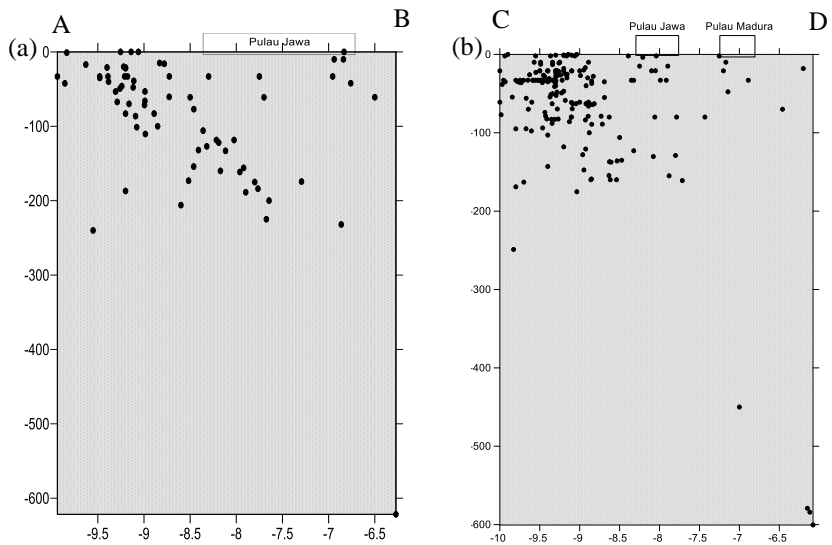


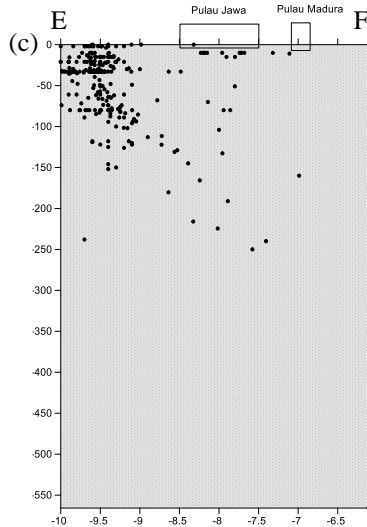
Gambar 4.1 Persebaran Gempa Bumi pada Daerah Penelitian (Sumber : Website IRIS http://ds.iris.edu/wilber3/find_event).

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa hiposenter gempa bumi pada daerah penelitian memiliki kecenderungan semakin dalam ke arah Utara. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa sebagian besar gempa yang terjadi disebabkan oleh struktur tunjangan (subduksi) dimana lempeng benua yang menunjam Pulau Jawa akan semakin dalam ke arah Utara. Hal ini dibuktikan lagi dengan melihat tiga buah penampang gempa sesuai gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Lokasi Irisan Garis Membujur Gempa Bumi.





Gambar 4.3 Penampang Membujur Lokasi Gempa Bumi. Lintasan A-B (a), C-D (b), dan E-F (c).

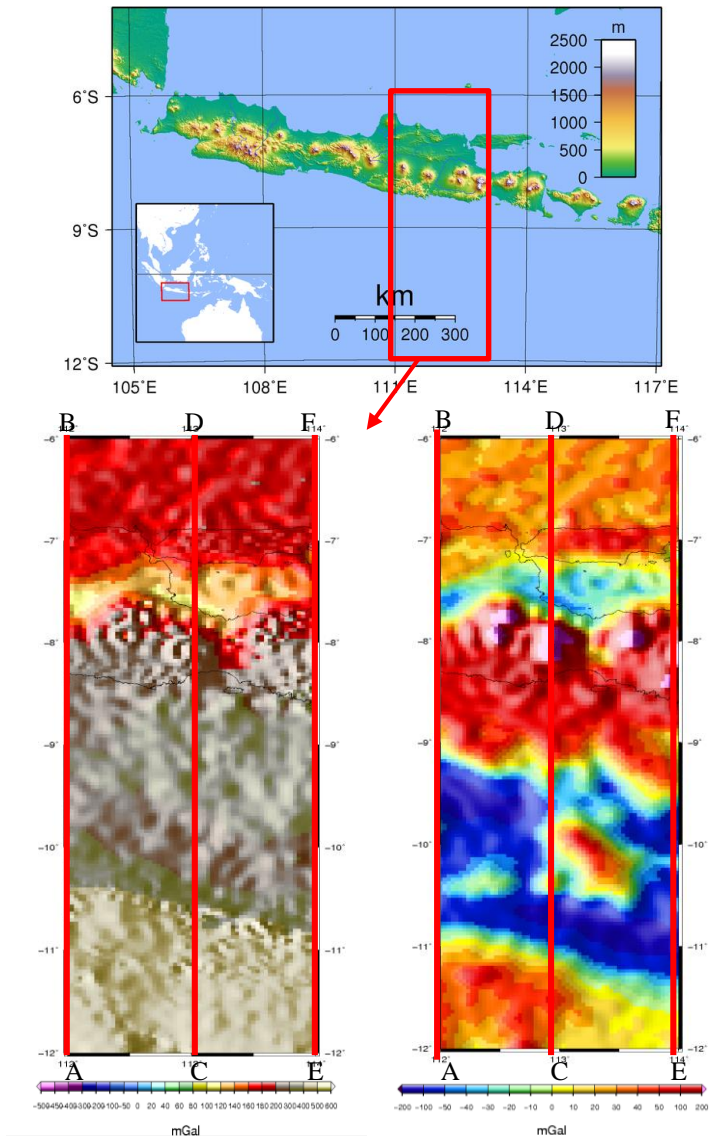
Dari gambar 4.2 dan 4.3 dapat dilihat *trend* penunjaman berdasarkan lokasi gempa bumi dengan rentang kedalaman hingga 600 km. Data gempa bumi ini kemudian akan dipakai sebagai kontrol dalam pembuatan model subduksi dari data gaya berat WGM2012 menggunakan metode *spectraldecomposition* dengan cara menumpangtindihkannya.

4.1.2 Data Gaya Berat

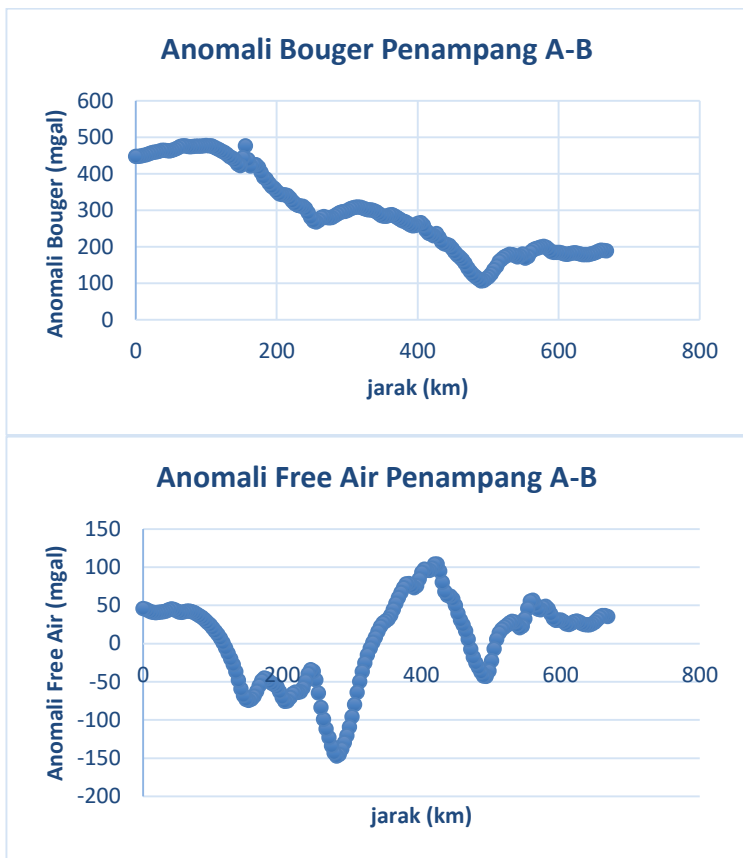
Nilai anomali gaya berat pada daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 4.4. Peta anomali udara bebas (free air) memiliki rentang nilai -200 – 200 mgal. Nampak adanya beberapa kenampakan berturut-turut dari Selatan ke Utara, yaitu anomali tinggi akibat densitas kerak samudra, anomali sangat rendah yang menandakan palung, anomali tinggi yang menandakan *rise* atau sembulan akibat tabrakan lempeng, anomali sangat tinggi yang menandakan kumpulan gunung api di Pulau Jawa, anomali rendah yang menandakan depresi zona kendeng, dan anomali tinggi lagi.

Peta anomali bouger memiliki rentang nilai 100 – 400 mgal. Pada peta ini juga terlihat *trend* kenampakan yang tidak jauh berbeda dengan peta anomali udara bebas. Namun, kenampakan palung dan sembulan pada bagian selatan tidak begitu terlihat dengan jelas. dilakukan sayatan pada tiga buah penampang seperti gambar 4.5 hingga 4.7 untuk memperjelas nilai anomali bouger. Kedua

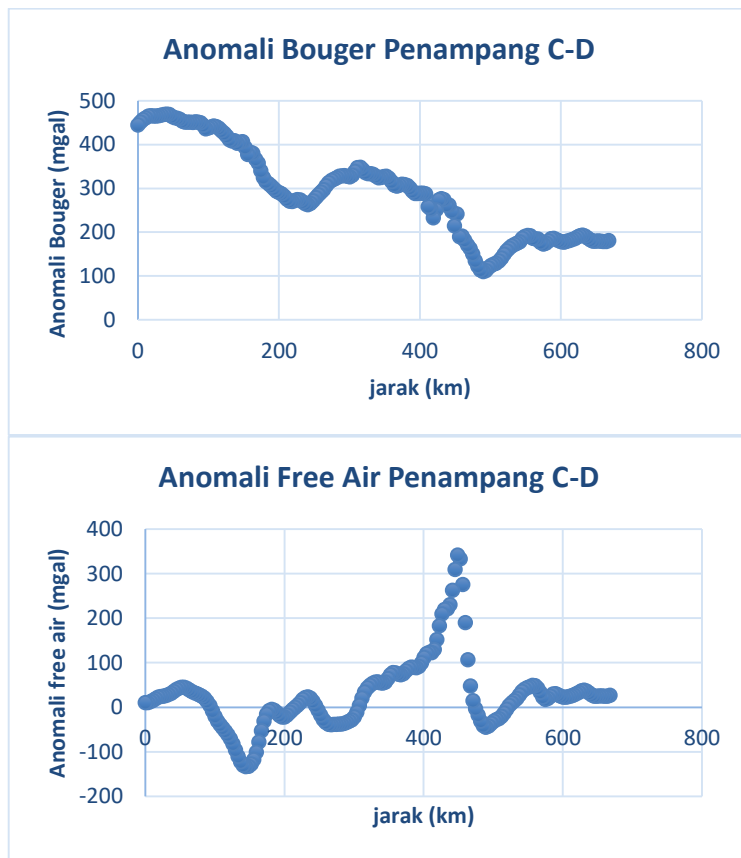
jenis data gaya berat ini akan digunakan untuk melakukan pemodelan subduksi menggunakan metode *spectral decomposition*.



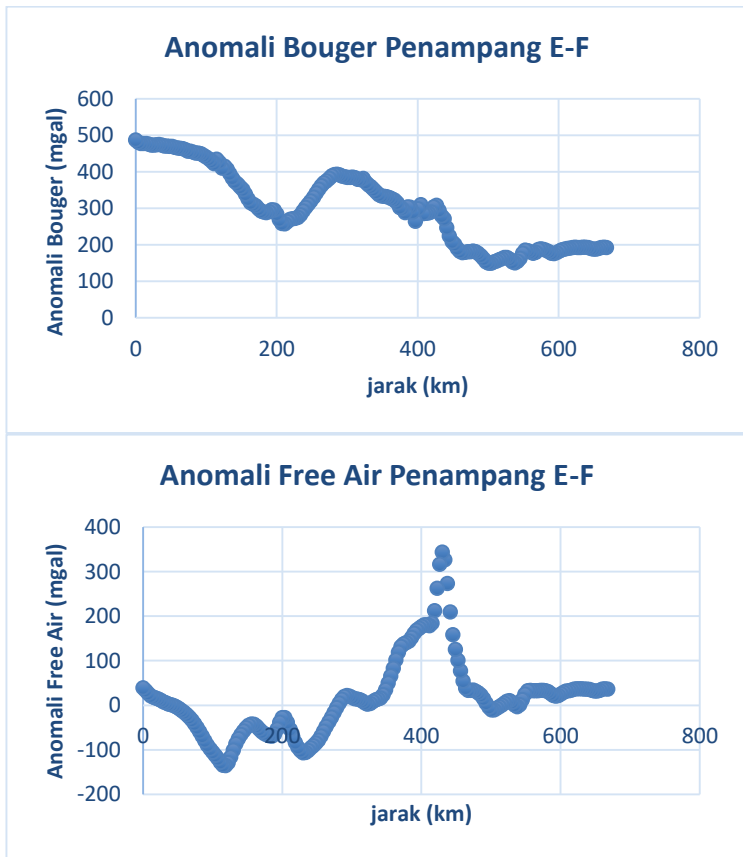
Gambar 4.4 Anomali Gaya Berat WGM 2012 Bouger (Kiri) dan Udara Bebas (Kanan)



Gambar 4.5 Penampang Membujur Nilai Anomali Bouger dan Udara Bebas Garis A-B



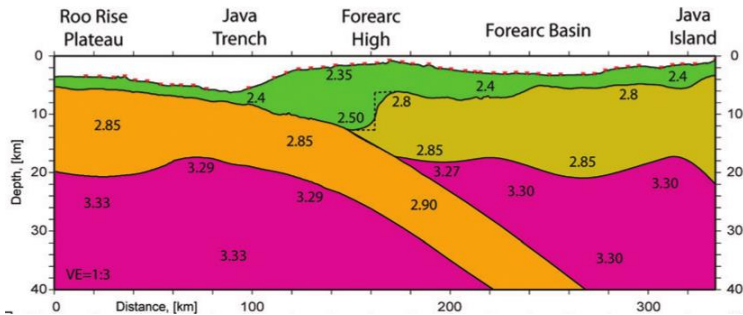
Gambar 4.6 Penampang Membujur Nilai Anomali Bouger dan Udara Bebas Garis C-D



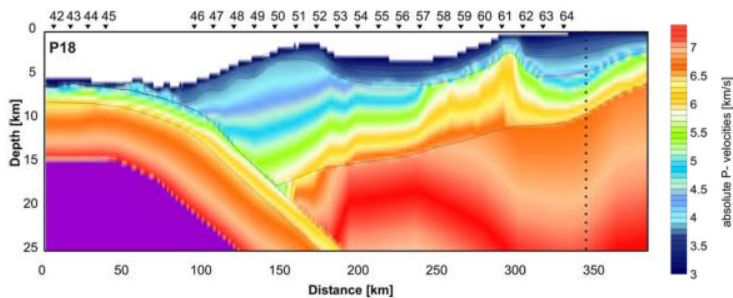
Gambar 4.7 Penampang Membujur Nilai Anomali Bouger dan Udara Bebas Garis E-F

4.1.3 Model Densitas Subduksi

Model subduksi I dapat dilihat pada gambar 4.8 dan model subduksi II dapat dilihat pada gambar 4.9. Kedua model subduksi (I dan II) kemudian akan digunakan sebagai data pengujian dalam proses validasi metode *spectral decomposition* pada data gaya berat dengan cara melakukan proses *forward modelling* terlebih dahulu pada setiap model tersebut.



Gambar 4.8 Model Densitas Subduksi I (A. Shulgin dkk, 2011).



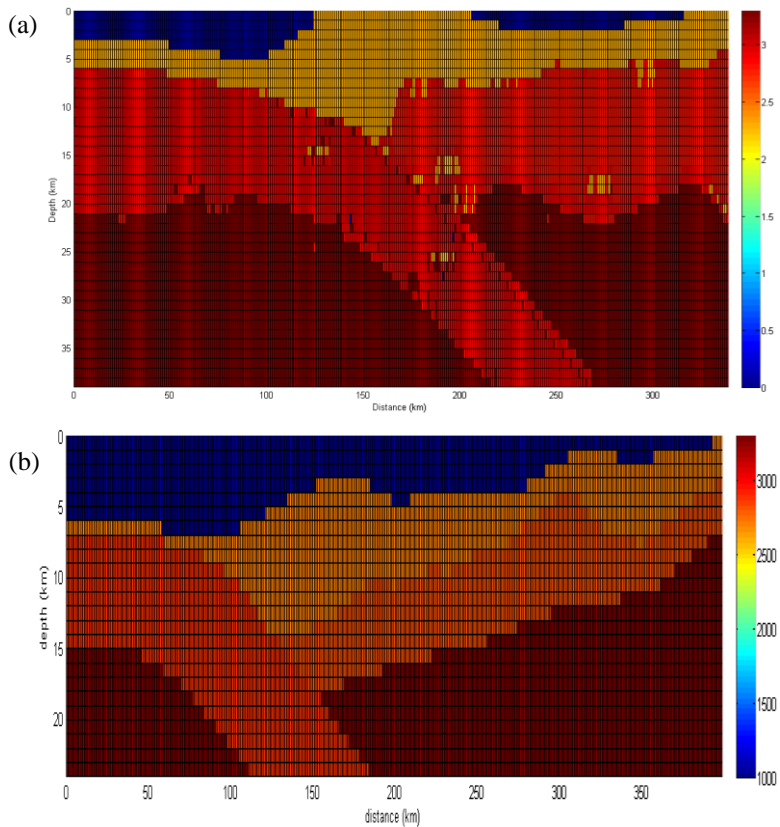
Gambar 4.9 Model Densitas Subduksi II (Wagner, D., 2007).

4.2 Tahap Validasi

Tahap ini bertujuan untuk menentukan parameter-parameter yang sesuai digunakan pada metode *spectral decomposition* dengan cara mengujinya pada dua buah model sintetis.

4.2.1 Pembuatan Model Densitas Subduksi (2D)

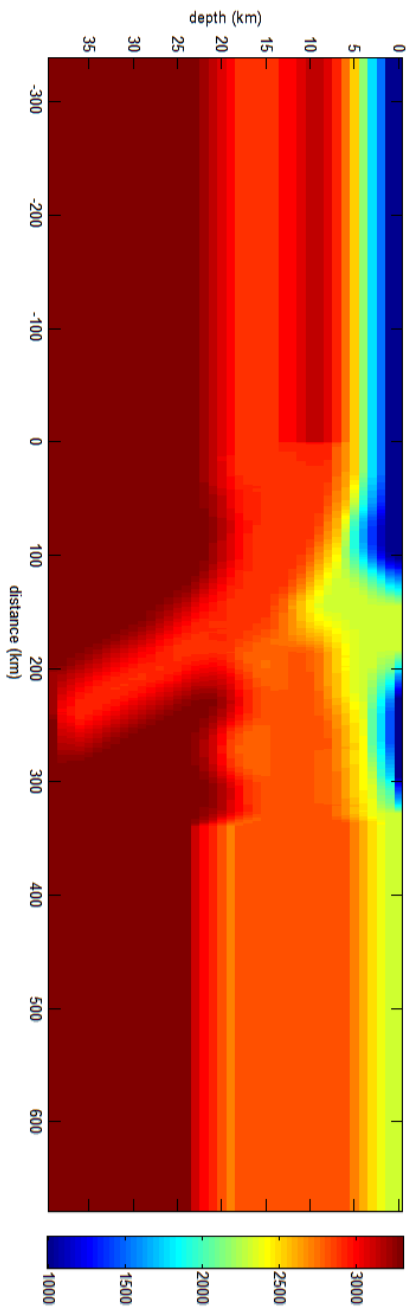
Pembuatan model densitas dari suatu gambar (data raster) dengan nilai RGB dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu merubah nilai RGB sesuai dengan nilai densitas atau melakukan digitasi terhadap gambar tersebut untuk memperoleh *polygon* dengan nilai densitas tertentu. Model densitas subduksi yang pada awalnya berupa gambar diubah menjadi kumpulan kisi segi empat yang bertautan (*mesh grid*) dengan nilai x (lokasi horisontal), y (lokasi vertikal/kedalaman), dan z (nilai densitas). Hasil konversi model gambar menjadi model mesh grid dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Konversi Model Gambar (Raster RGB) menjadi Model Mesh Grid (xyz) Model Subduksi I (a) dan II (b).

Gambar 4.10 berasal dari model densitas subduksi I dan II dengan rentang densitas 1-3,3 gr/cc ($1000\text{--}3300\text{ kg/m}^3$).

Model densitas yang telah diubah kedalam bentuk *mesh grid* dikondisikan terlebih dahulu sebelum dilakukan pemodelan ke depan. Pengondisian dilakukan dengan dua buah cara. Cara pertama adalah melakukan proses *moving average* secara horisontal dan vertikal pada tiap kisi. Cara kedua adalah memperpanjang model pada sebelah kiri dan kanan dari model yang ingin dimodelkan ke depan. Densitas dari model perpanjangan tersebut didapatkan dari nilai mesh grid paling kiri dan paling kanan.

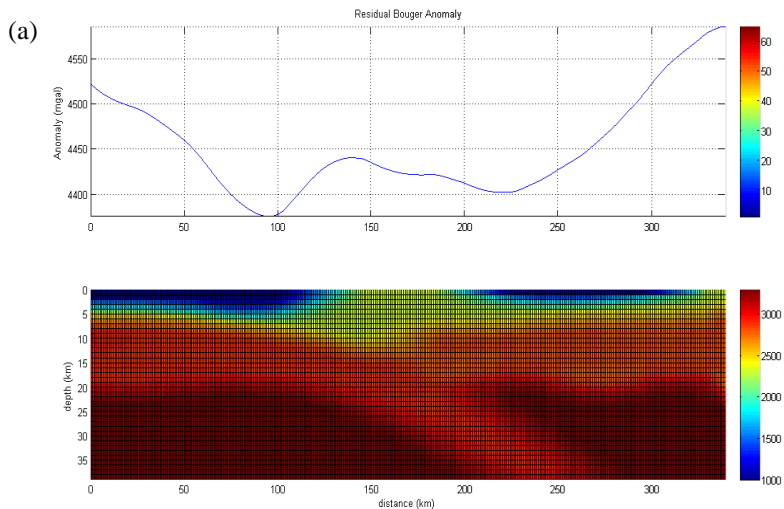


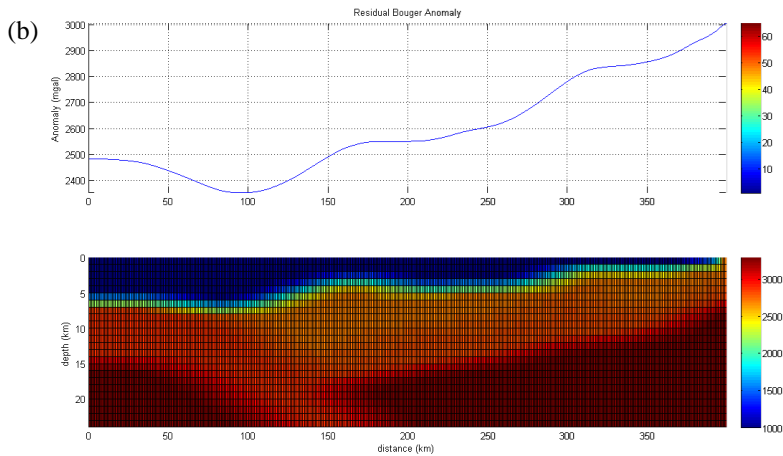
Gambar 4.11 Model I Hasil Perpanjangan

Pengkondisian model dilakukan untuk mendapatkan hasil maksimal pada proses pemodelan ke depan pada daerah pinggir model serta memperhalus kandungan frekuensi dari respon hasil pemodelan ke depan setelah dilakukan transformasi fourier.

4.2.2 Forward Modelling

Pada model *mesh grid* dilakukan proses *forward modelling* untuk mengetahui respon anomali gaya berat yang dihasilkan dari model tersebut berdasar algoritma dari (Blakely,1996) menggunakan perangkat lunak Matlab dengan script *gpoly.m*. Algoritma ini menghitung gaya tarik / gravitasi vertikal dari setiap elemen densitas penyusun model pada suatu lokasi. Model yang telah dibentuk menjadi mesh grid akan dihitung satu per satu gaya tarik setiap elemen penyusunnya terhadap lokasi yang ditentukan, yaitu permukaan. Hasil yang didapat adalah nilai gaya tarik gravitasi dari model densitas dalam satuan miligal pada lokasi yang diinginkan dalam bentuk profil gaya berat. Hasil dari *forward modelling* dapat dilihat pada gambar 4.12.



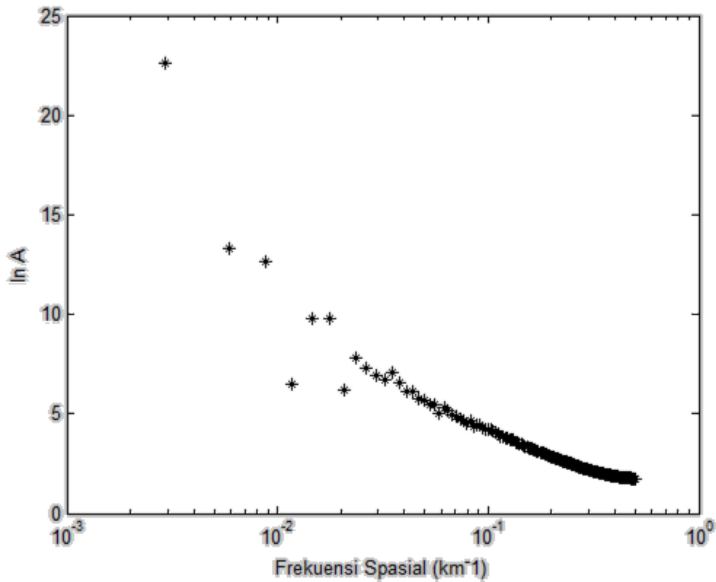


Gambar 4.12 Hasil *Forward Modelling Mesh Grid Model* Densitas Subduksi I (a) dan II (b).

Profil gaya berat berikisar pada rentang nilai 4375 – 4584 mgal untuk model I dan 2200-2600 mgal untuk model II. Bentuk profil gaya berat dipengaruhi oleh geometri ,secara horisintal maupun vertikal, dan kontras densitas dari model densitas bawah permukaan. Profil gaya berat ini dapat didekati dengan analogi gelombang. Gelombang dapat disusun dari interferensi gelombang-gelombang lain dengan frekuensi dan amplitudo tertentu. Frekuensi besar atau panjang gelombang kecil berasosiasi dengan anomali bawah permukaan yang dangkal sedangkan frekuensi kecil atau panjang gelombang besar berasosiasi dengan anomali bawah permukaan yang dalam. Oleh karena itu untuk mengetahui profil gaya berat pada kedalaman tertentu dapat digunakan proses transformasi fourier dan filter.

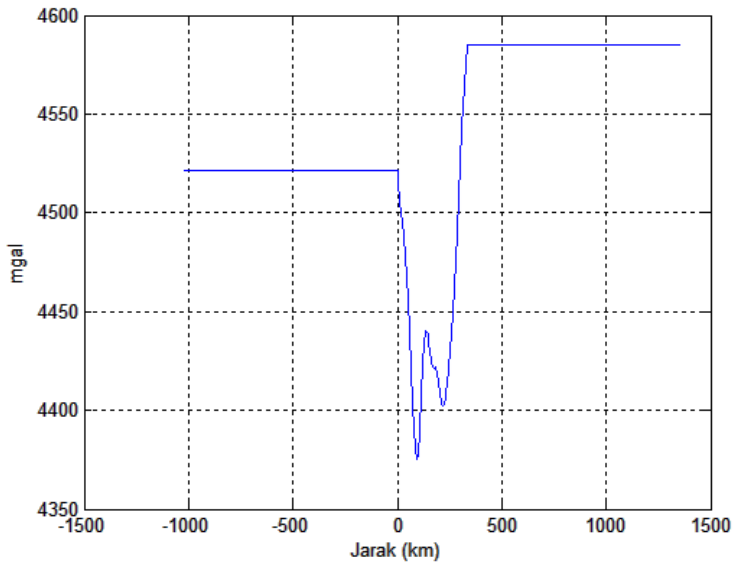
4.2.3 Spectral Decomposition

Spectral decomposition dilakukan dengan cara merubah respon gaya berat yang didapat sebelumnya ke dalam *domain* bilangan gelombang melalui fungsi *fft* yang ada pada perangkat lunak Matlab sehingga didapatkan hasil seperti gambar 4.13.



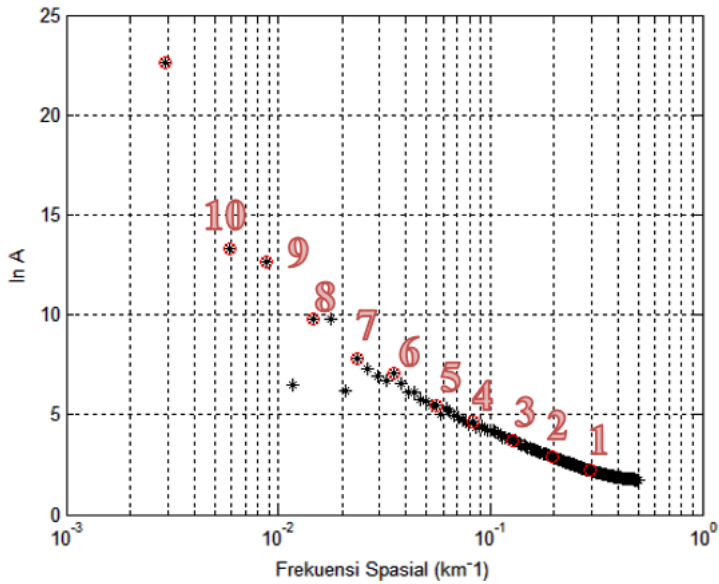
Gambar 4.13 Respon Anomali Gaya Berat dalam Domain Bilangan Gelombang (Frekuensi Spasial).

Proses berikutnya adalah melakukan filter. Dalam proses filtering, hasil pemodelan ke depan, atau disebut profil gaya berat, dalam satuan miligal didekati atau dianggap sebagai sebuah gelombang yang bersifat spasial sehingga dapat dilakukan proses filter layaknya sebuah gelombang digital menggunakan low pass, band pass, maupun highpass filter. Ketiga jenis filter tersebut dikenakan pada profil gaya berat dengan parameter dan jenis window tertentu. Sebelum melakukan proses filter dilakukan pengondisian terhadap profil gaya berat terlebih dahulu dengan cara memperpanjangnya pada awal dan akhir profil agar respon yang didapatkan setelah dilakukan *filtering* utuh.

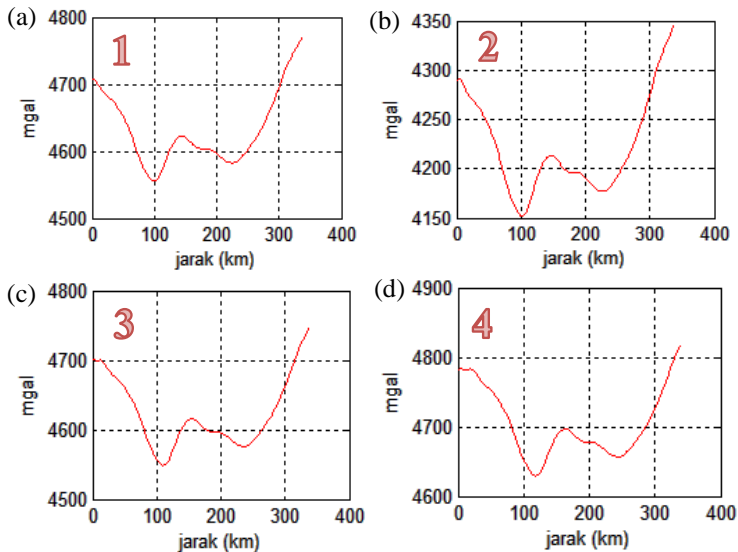


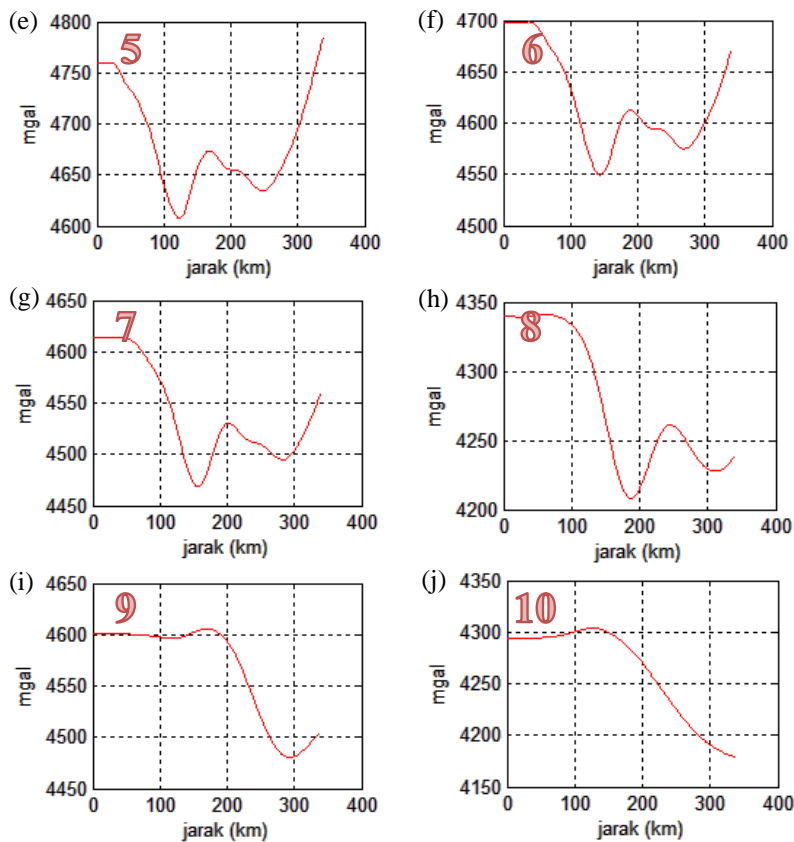
Gambar 4.14 Hasil Pengondisian/Perpanjangan Profil Gaya Berat.

Filter dikenakan sebanyak sepuluh kali pada profil gaya berat dengan sebaran nilai cut off frekuensi yang merata secara logaritmik di tiap proses filter sehingga didapatkan sepuluh respon yang ditunjukkan oleh gambar 4.15 dan 4.16.

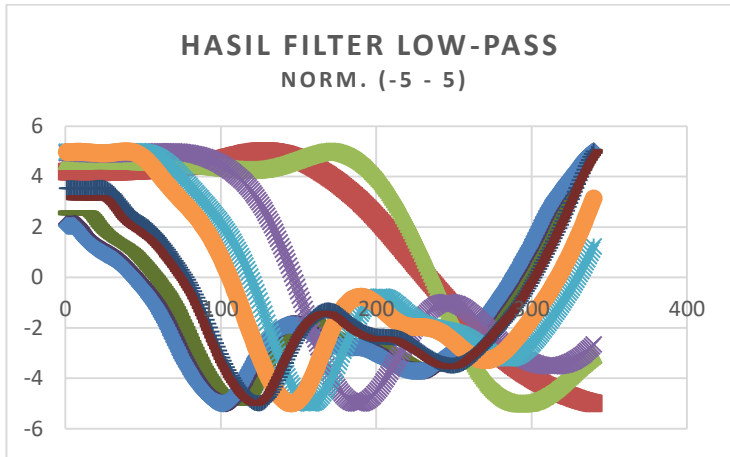


Gambar 4.15 Persebaran Nilai *Cut Off* yang Tersebar Merata secara Logaritmik pada Kandungan Frekuensi Model I (Titik Merah). (Kandungan Frekuensi Model II Terlampir).

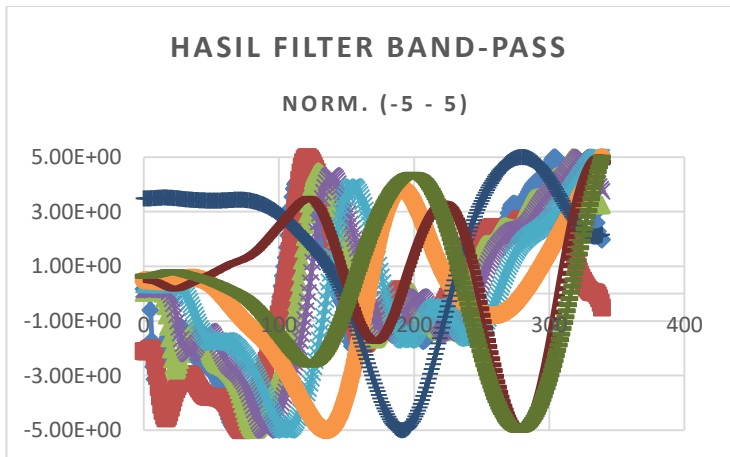




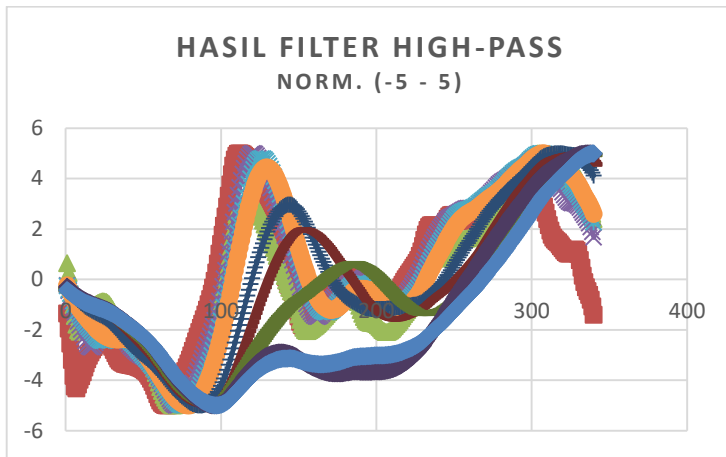
Gambar 4.16 Hasil Filter *low-pass* Model I sesuai Nomor *Cut Off*. Nilai *cut off* 1 (a), nilai *cut off* 2 (b), nilai *cut off* 3 (c), nilai *cut off* 4 (d), nilai *cut off* 5 (e), nilai *cut off* 6 (f), nilai *cut off* 7 (g), nilai *cut off* 8 (h), nilai *cut off* 9 (i), nilai *cut off* 10 (j).



Gambar 4.17 Kumpulan Hasil Filter *Low-pass* Model I sesuai Nomor *Cut Off*.
(Hasil Filter *Low-pass* Model II Terlampir).



Gambar 4.18 Kumpulan Hasil Filter *Band-pass* Model I sesuai Nomor *Cut Off*.
(Hasil Filter *Band-pass* Model II Terlampir).



Gambar 4.19 Kumpulan Hasil Filter *High-pass* Model I sesuai Nomor *Cut Off*.
(Hasil Filter *High-pass* Model II Terlampir).

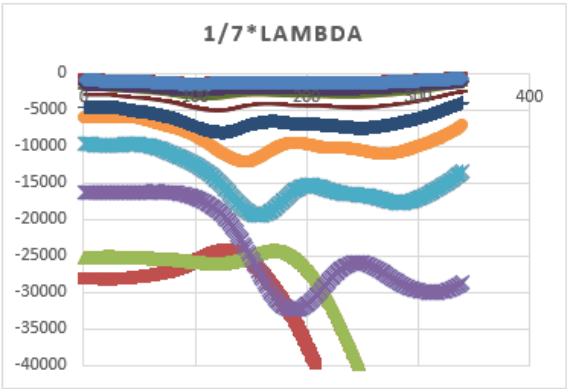
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa respon /profil gaya berat setelah difilter lebih dipengaruhi oleh faktor bentukan atau geometri model densitas secara horisontal dibandingkan dengan faktor kontras densitas. Selain itu, hasil respon /profil gaya berat dengan menggunakan metode highpass menunjukkan respon bentukan profil gaya berat yang sangat dipengaruhi oleh bentukan model densitas bagian atas (sangat dangkal), metode bandpass menunjukkan respon bentukan profil gaya berat yang dipengaruhi oleh bentukan model densitas bagian atas dan tengah (dangkal-dalam), sedangkan dengan metode lowpass didapatkan respon bentukan profil gaya berat yang sebagian besar dipengaruhi oleh model bentukan model densitas bagian bawah (sangat dalam). Oleh karena itu pada metode *spectral decomposition* ini digunakan kombinasi *low pass* untuk model bagian bawah dan *band pass filter* untuk model bagian atas serta tengah agar model yang didapatkan seususai. Untuk menyusun sebuah model dari respon respon hasil filer tersebut diperlukan proses penskalaan terhadap amplitudo maupun kedalaman.

4.2.4 Pembuatan Model

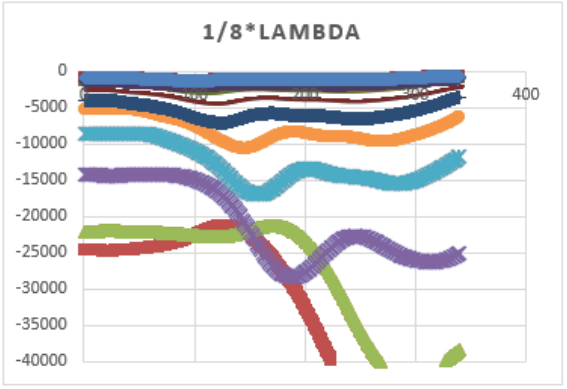
Model dari proses *spectral decomposition* disusun dari respon profil gaya berat terfilter yang telah diberi skala berdasarkan kedalaman sebagai geometri modelnya. Nilai kedalaman dari tiap profil gaya berat hasil filter diperoleh dari percobaan dimana digunakan nilai kedalaman sebesar 1/7, 1/8, 1/9, dan 1/10 kali panjang gelombang yang digunakan sebagai nilai cut off filter profil gaya berat tersebut. Hasil perbandingan penggunaan parameter yang berbeda tersebut dapat dilihat pada gambar 4.20. Proses pemberian skala model

dan peletakkan kedalaman dilakukan dengan prinsip normalisasi sebesar nilai kedalaman pada tiap profil gaya berat.

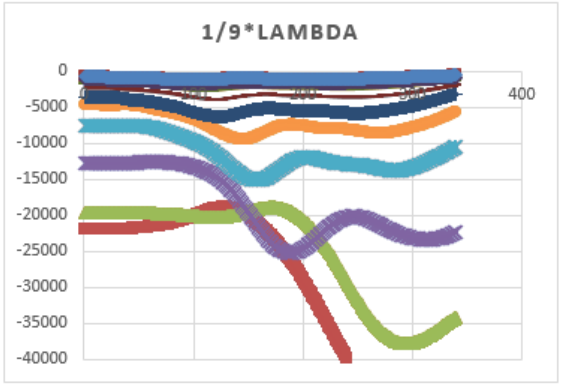
(a)



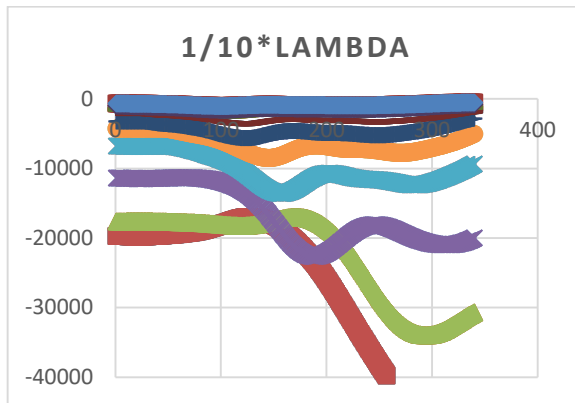
(b)



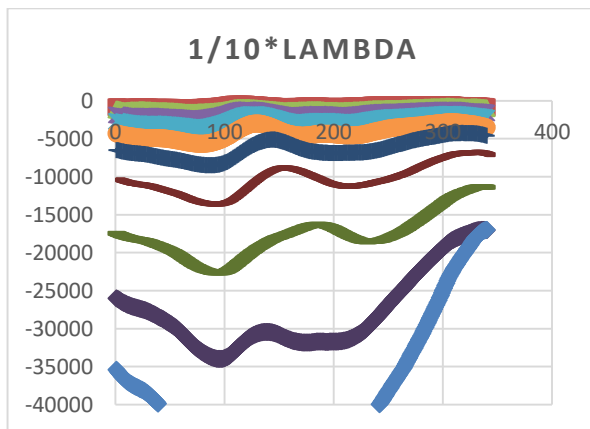
(c)



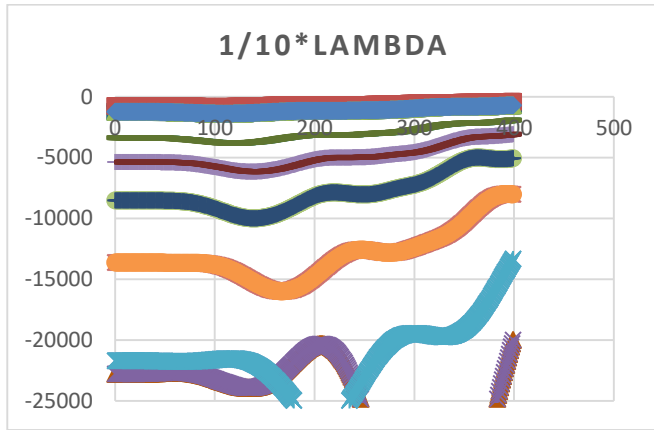
(d)



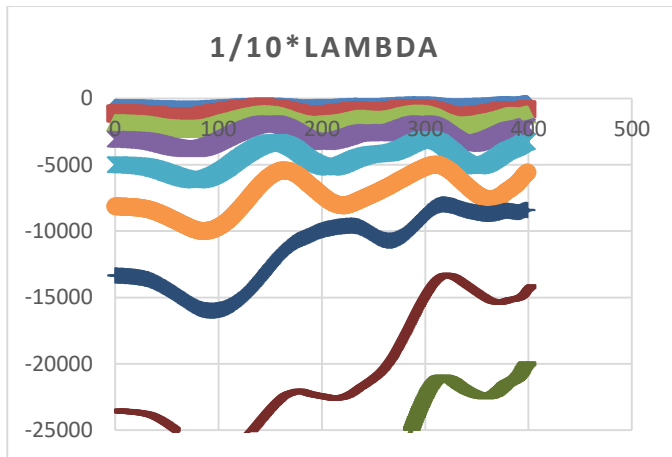
Gambar 4.20 Perbandingan Skala dan Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (Low Pass) Model I.



Gambar 4.21 Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (High Pass) model I.



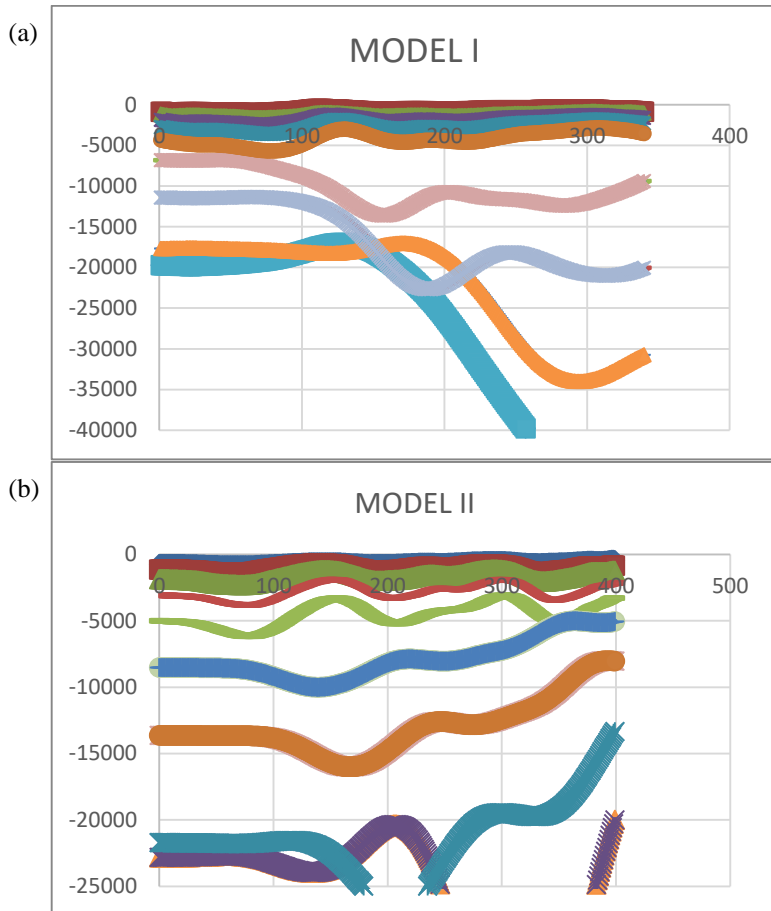
Gambar 4.22 Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (Low Pass) model II.



Gambar 4.23 Peletakkan Kedalaman Profil Gaya Berat Terfilter (High Pass) model II.

Profil gaya berat terfilter yang telah diletakkan pada kedalaman tertentu dan diskalakan akan dipilih sesuai kebutuhan untuk kemudian digunakan sebagai geometri model. Dari hasil perbandingan nilai yang digunakan untuk korelasi kedalaman, yaitu $1/7$, $1/8$, $1/9$, dan $1/10$ kali panjang gelombang, diketahui bahwa hubungan kedalaman sebanding dengan $1/10$ kali panjang gelombang ($d = \frac{1}{10} \lambda$) menunjukkan kesesuaian hasil yang paling tinggi dengan model awal.

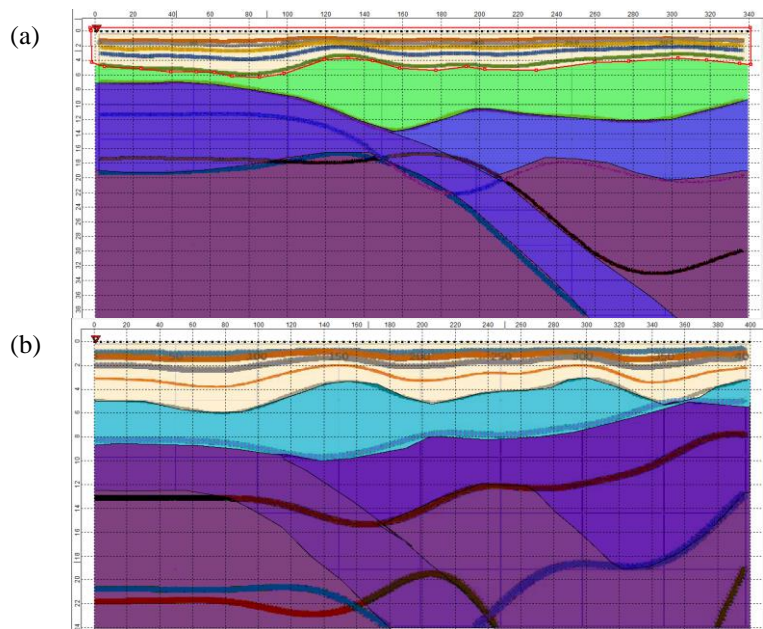
Pemberian skala normalisasi sebesar nilai kedalaman pada tiap profil gaya berat juga memberikan hasil yang sesuai. Penentuan kedalaman maksimal model didapat dari penambahan sedalam 5 km dibawah dari kedalaman profil gaya berat terbawah. Hal ini didapati sesuai pada kedua model. Oleh karena itu diputuskan bahwa model pada tahap validasi ini akan menggunakan parameter tersebut dalam pembuatannya sehingga didapatkan hasil seperti model pada gambar 4.24.



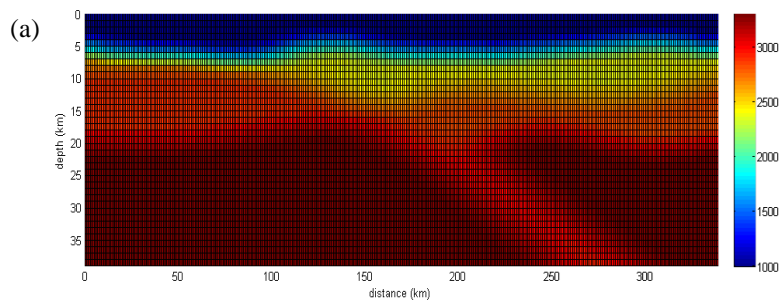
Gambar 4.24 Profil Gaya Berat Terpilih Model I (a) dan II (b).

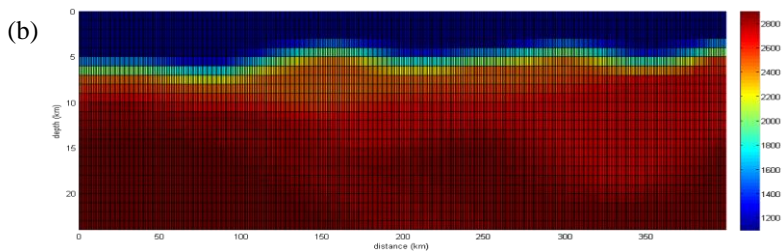
Bentukan model yang telah diberi skala dan tersusun sesuai parameter yang didapat sebelumnya kemudian didijitasi dalam bentuk poligon sebagai geometri dan didefinisikan nilai densitasnya berdasarkan model awal seperti

gambar 4.25. Setelah itu dilakukan proses *smoothing* pada model dengan cara yang sama seperti proses pada pembuatan model awal sebelum dilakukan forward modelling sehingga didapatkan hasil seperti gambar 4.26.



Gambar 4.25 Proses Dijitasi dan Pemberian Nilai Densitas Model I (a) dan Model II (b).



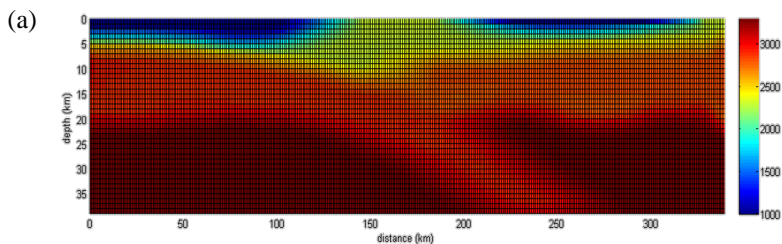


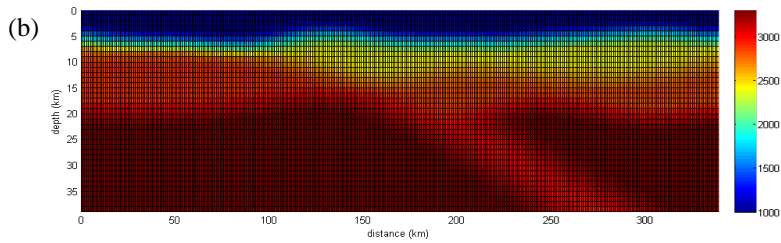
Gambar 4.26 Hasil Spectral Decomposition Respon Gaya Berat Model I (a) dan Model II (b).

4.2.5 Analisis Perbandingan Model Awal dan Model Hasil Spectral Decomposition

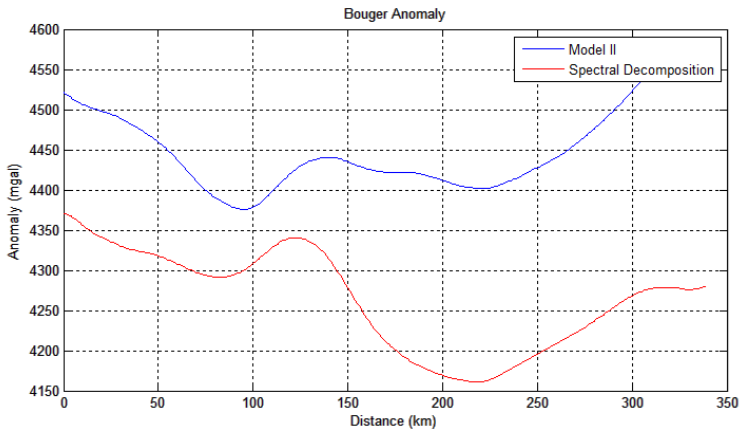
Pada gambar 4.27 dapat dilihat perbandingan hasil *spectral decomposition* pada model I secara kualitatif. Kecenderungan geometri yang dihasilkan kurang lebih sama. Perbedaan tampak jelas pada ketebalan model hasil yang lebih tipis dibanding model awal. Perbedaan ketebalan diakibatkan karena sampling filter frekuensi yang dilakukan secara acak dan tidak selalu tepat pada batas litologi. Pada penelitian ini batas litologi ditentukan pada perubahan bentuk respon gaya berat yang signifikan dengan kontrol dari model awal. Sensitivitas model atas pada model I tidak terlalu baik sehingga kurang menggambarkan bentukan atas model khususnya pada bagian sembulan akibat subduksi. Hal ini dikarenakan sangat kuatnya efek dari bentukan bawah yang memiliki densitas jauh lebih tinggi dari model di atasnya.

Secara kuantitatif nilai korelasi silang ternormalisasi antar kedua model pada gambar 4.27 menunjukkan nilai 0.9273 dari skala -1 hingga 1. Hal ini menunjukkan bahwa model hasil *spectral decomposition* memiliki kesamaan bentukan yang tinggi terhadap model awal. Setelah dilakukan korelasi silang terhadap model maka dilakukan korelasi silang terhadap respon gaya berat dari kedua model tersebut sehingga didapatkan nilai 0.308 seperti pada gambar 4.28.





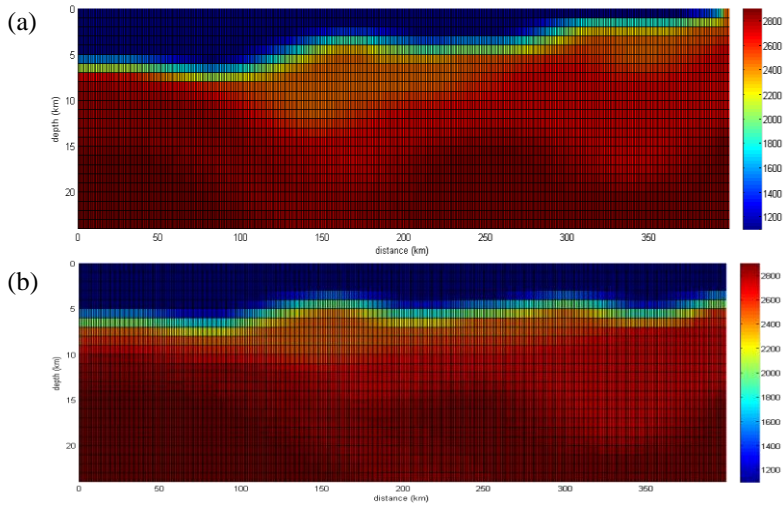
Gambar 4.27 Perbandingan Model I (a) dengan Hasil *Spectral Decomposition* Respon Gaya Berat Model I (b)



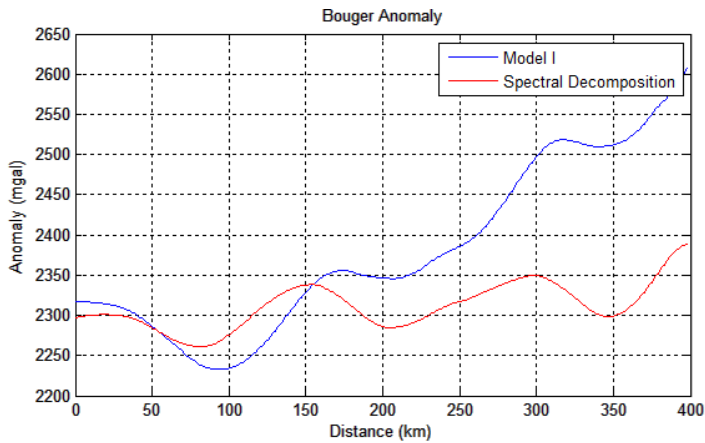
Gambar 4.28 Perbandingan Respon Gaya Berat Model I (Garis Biru) dengan Respon Gaya Berat *Spectral Decomposition* (Garis Merah)

Pada gambar 4.29 dapat dilihat perbandingan hasil *spectral decomposition* pada model II. Kecenderungan geometri yang dihasilkan kurang lebih sama. Perbedaan tampak jelas pada geometri lengkungan-lengkungan yang ukurannya relatif kecil. Sensitivitas model atas pada model II juga tidak terlalu baik sehingga kurang menggambarkan bentuk atas model. Terjadi pula sedikit pergeseran lempeng tunjaman ke kanan akibat efek beda ketebalan.

Secara kuantitatif nilai korelasi silang ternormalisasi antar kedua model pada gambar 4.29 menunjukkan nilai 0.9305 dari skala -1 hingga 1. Hal ini menunjukkan bahwa model hasil *spectral decomposition* memiliki kesamaan bentuk yang tinggi terhadap model awal. Setelah dilakukan korelasi silang terhadap model maka dilakukan korelasi silang terhadap respon gaya berat dari kedua model tersebut sehingga didapatkan nilai 0.716 seperti pada gambar 4.30.



Gambar 4.29 Perbandingan Model II (a) dengan Hasil *Spectral Decomposition* Respon Gaya Berat Model II (b).

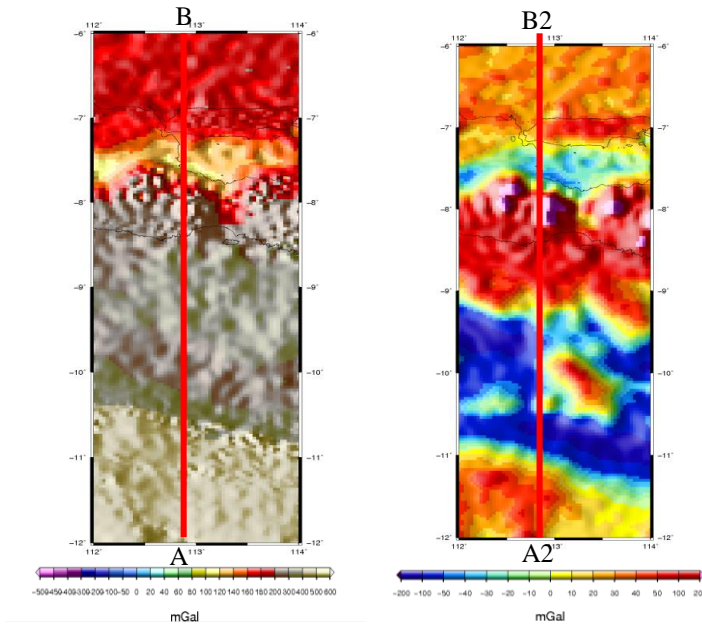


Gambar 4.30 Perbandingan Respon Gaya Berat Model II (Garis Biru) dengan Respon Gaya Berat *Spectral Decomposition* (Garis Merah)

Secara umum yang dapat disimpulkan dari penggunaan metode spectral decomposition pada data gaya berat pada kasus ini adalah kemampuannya yang kurang maksimal dalam memodelkan kondisi geologi dangkal serta kondisi geologi yang rumit atau kompleks (berubah secara tiba-tiba secara horisontal) namun secara bentuk besar model yang dihasilkan sesuai dan menjadi metode yang baik dalam penentuan model awal (*intial model*) sebelum proses inversi.

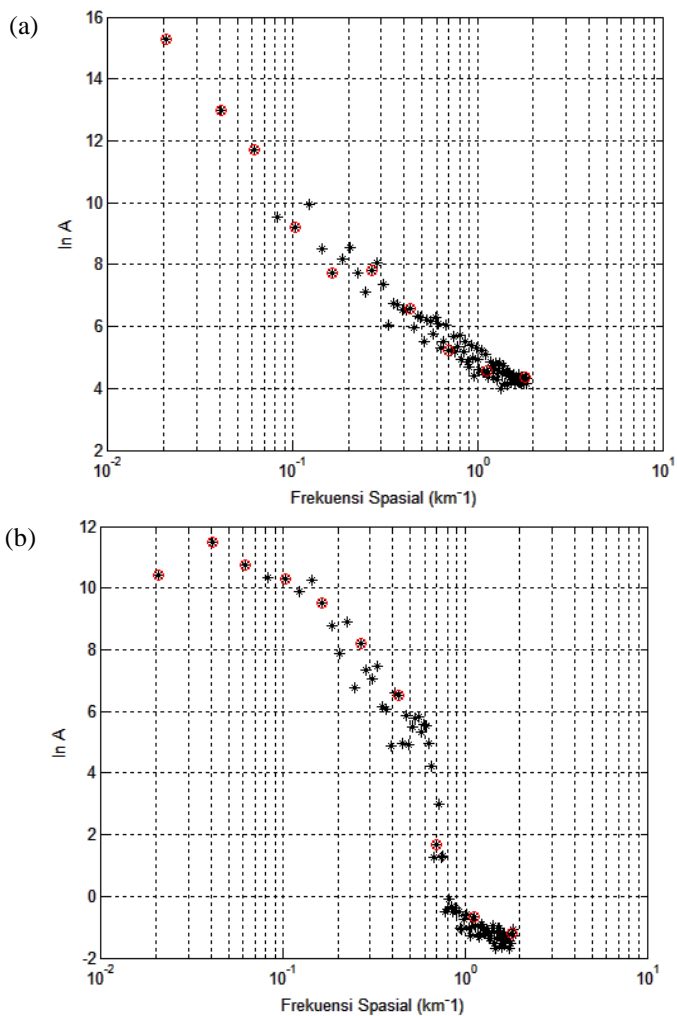
4.3 Tahap Pemodelan Subduksi

Pada tahap ini digunakan data gaya berat anomali bouger dan anomali *free air* yang diambil dari WGM2012 untuk dilakukan proses *spectral decomposition*. Proses pembuatan model dilakukan sesuai garis membujur A-B (anomali bouger) dan A2-B2(anomali free air) pada gambar 4.31.



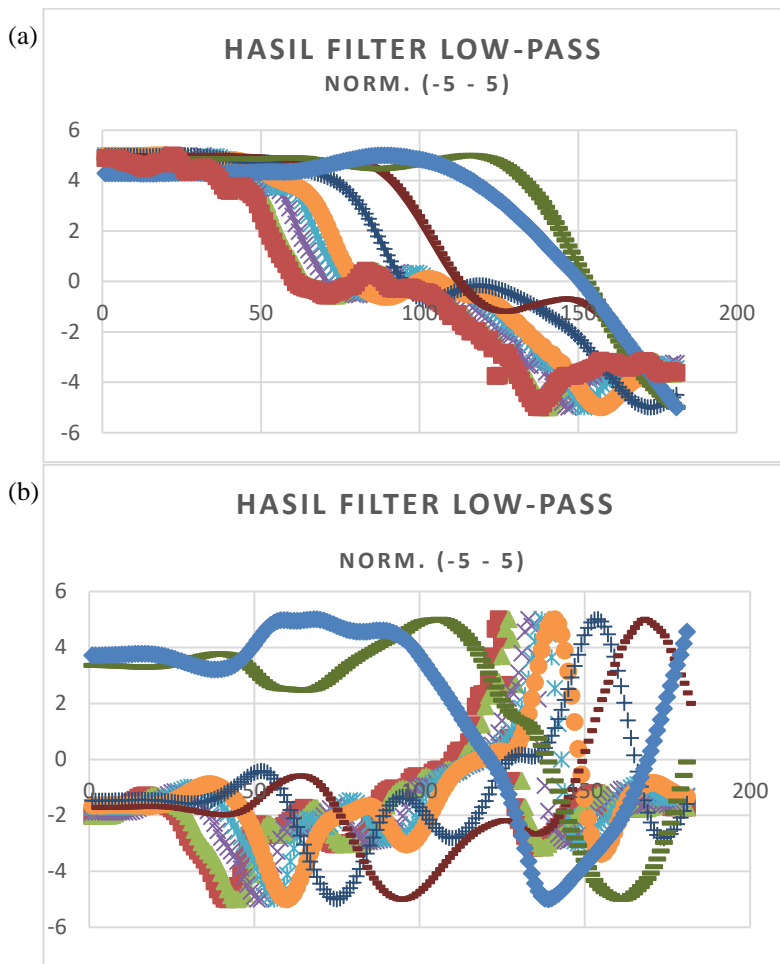
Gambar 4.31 Garis Membujur pada Anomali Gaya Berat yang akan Dilakukan Proses *Spectral Decomposition*.

Kandungan frekuensi dan nilai *cut-off* dari garis A-B (anomali bouger) dan A2-B2(anomali free air) dapat dilihat pada gambar 4.32.



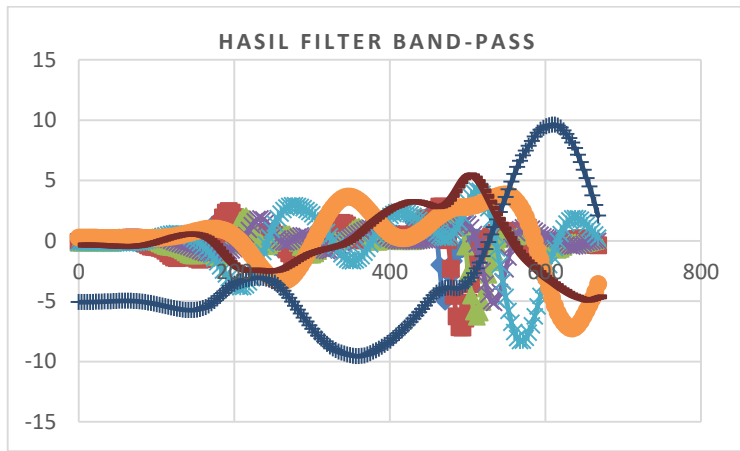
Gambar 4.32 Nilai *Cut Off* pada Kandungan Frekuensi Garis A-B (a) dan A2-B2 (b).

Hasil low pass filter pada kedua anomali ditunjukkan oleh gambar 4.33.



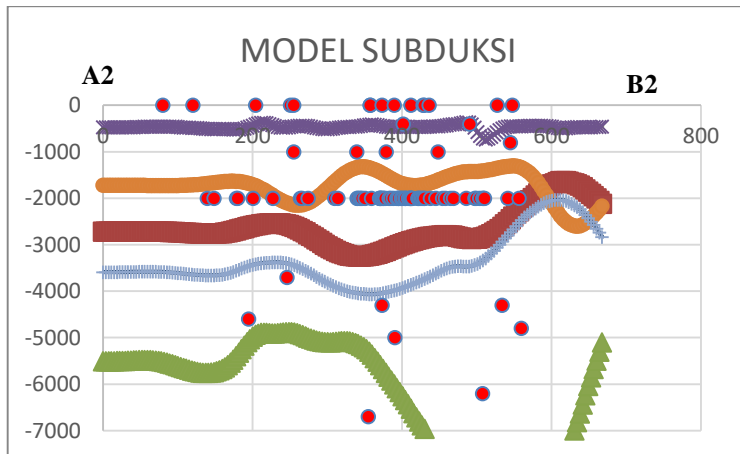
Gambar 4.33 Hasil Filter *Low-Pass* Garis A-B (a) dan A2-B2 (b) sesuai Nomor *Cut Off*.

Dapat dilihat bahwa penampang anomali free air atau garis A2-B2 lebih menunjukkan adanya efek topografi (model bagian atas) sehingga pada pemodelan subduksi ini akan digunakan anomali free air untuk memodelkan subduksi. Sebelum menyusun model maka dilakukan filter *band pass* terlebih dahulu sehingga didapatkan hasil seperti pada gambar 4.34.



Gambar 4.34 Hasil Filter *low-pass* Garis A2-B2 Sesuai Nomor *Cut Off*.

Hasil penyusunan model menggunakan kombinasi *band-pass* dan *low-pass filter* yang telah dikombinasikan dengan posisi data gempa dapat dilihat pada gambar 4.35.



Gambar 4.35 Model Subduksi.

Dikarenakan spasi titik observasi gaya berat yang terlalu jauh, yaitu 3.71 km, maka model yang dihasilkan terbatas hingga kedalaman kurang dari 9 kilometer dan bentuk subduksi kurang begitu nampak. Bentuk geometri yang dihasilkan menunjukkan adanya kecenderungan penunjaman yang dimulai pada

kilometer 175. Bentukkan penunjaman sesuai dengan posisi data kontrol, yaitu data gempa (titik merah). Nampak pula cekungan kendeng hingga kedalaman 3 kilometer. Untuk melakukan pengisian nilai densitas pada model dapat dilakukan dengan melakukan inversi pada tiap profil gaya berat yang tidak dilakukan pada penelitian ini.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter yang sesuai untuk digunakan pada metode *spectral decomposition* data gaya berat, yaitu :
 - Hubungan nilai panjang gelombang cut off (λ) dan kedalaman (d) , yaitu $d = \frac{1}{10} \lambda$,
 - Skala model tiap kedalaman yang sesuai adalah normalisasi sebesar d .
 - Jenis filter yang sesuai adalah kombinasi antara Band-Pass dan Low-Pass Filter.
2. Subduksi tidak dapat dimodelkan dengan baik karena keterbatasan kandungan frekuensi data sehingga hanya dapat dihasilkan model dangkal ($< 9\text{km}$). Kecenderungan bentukan model dangkal subduksi yang dihasilkan sesuai dengan kecenderungan persebaran data kontrol, yaitu data lokasi gempa.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mengaplikasikan metode *spectral decomposition* pada data darat hasil pengukuran lapangan yang telah terkonfirmasi bentuk bawah permukaannya untuk melakukan validasi lebih lanjut. Disarankan pula melakukan pemodelan secara 3D menggunakan metode *spectral decomposition* ini.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

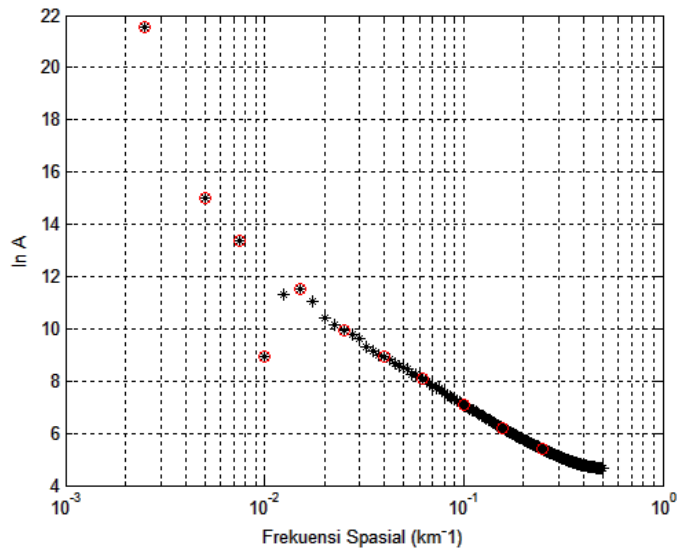
DAFTAR PUSTAKA

- A'la, M.R. ,2016, *Pemodelan Anomali Gravitasi Daerah Manifestasi Panasbumi Parangwedang Bantul DIY*, Skripsi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Biswas, A. 2015. Interpretation of residual gravity anomaly caused by simple shaped bodies using very fast simulated annealing global optimization. *Geoscience Frontiers*, Vol. 6 pp. 875-893.
- Blakely, R.J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University.
- H.-H. Hsieh, C.-H. Chen, P.-Y. Lin dan H.-Y. Yen, "Curie point depth from spectral analysis of magnetic data in Taiwan," *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 90, pp. 26-33, 2014.
- Indriana, R. D. 2008. Estimasi Ketebalan Sedimen dan Kedalaman Diskontinuitas Mohorovicic Daerah Jawa Timur dengan Analisis Power Spectrum Data Anomlai Gravitasi. *Berkala Fisika*, Vol. 11 No. 2:67-74.
- Indriana, R. D. 2008. Analisis Sudut Kemiringan Lempeng Subduksi di Selatan Jawa Tengah dan Jawa Timur Berdasarkan Anomali Gravitasi dan Implikasi Tektonik Vulkanik, Vol. 11 No. 3:89-96.
- M. A. Khalil, F. M. Santos, M. Farzamian dan A. E. Kenawy, "2-D Fourier transform analysis of the gravitational field of Northern Sinai Peninsula," *Journal of Applied Geophysics*, vol. 115, pp. 1-10, 2015.
- Reynold, J.M. 2011. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. Chister : John Wiley and Sons.
- Sari, Indah Permata,2012, *STUDI KOMPARASI METODE FILTERING UNTUK PEMISAHAN ANOMALI REGIONAL DAN RESIDUAL DARI DATA ANOMALI BOUGUER*, Skripsi, Universitas Indonesia.
- Setiawan, M. R., 2015, *Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Zona Subduksi dan Busur Gunung Api Jawa Timur Berdasarkan Analisis Data Gravitasi*, Tesis, UGM Yogyakarta
- Sheriff, Robert E., 2001, *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- Soehaimi, A. 2008. Seismotektonik dan Potensi KegempaanWilayah Jawa. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 3 No. 4: 227-240.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., and Keys, D.A., 1976, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press.
- Untung, M. , Sato, Y., 1978, *Gravity and Geological Studies in Jawa, Indonesia*, Geological Survey of Indonesia & Geological Survey of Japan.

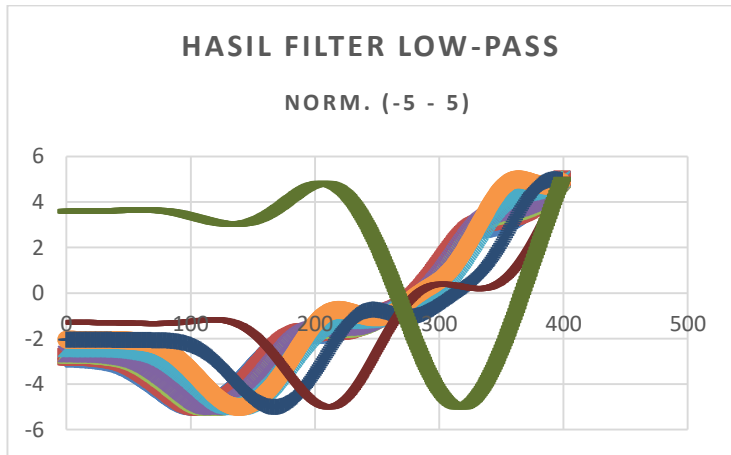
Widianto, E., 2008, Penentuan konfigurasi struktur batuan dasar dan jenis cekungan dengan data gayabarat serta implikasinya pada target eksplorasi minyak dan gas bumi di Pulau Jawa, Institut Teknologi Bandung.

LAMPIRAN

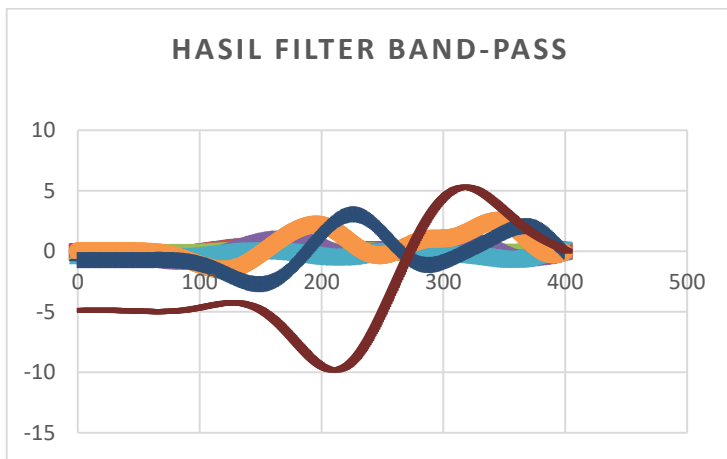
A. Gambar



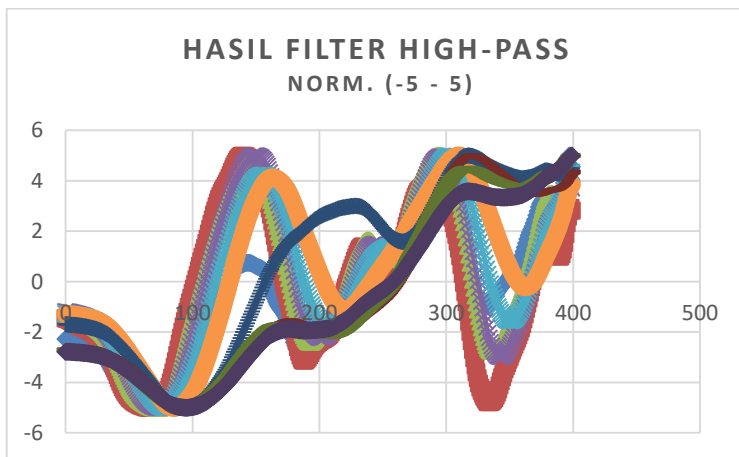
Gambar A-1 Nilai *Cut Off* pada Kandungan Frekuensi Model II.



Gambar A-2 Hasil Filter *Low-Pass* Model II Sesuai Nomor *Cut Off*.



Gambar A-3 Hasil Filter *Band-pass* Model II Sesuai Nomor *Cut Off*.



Gambar A-4 Hasil Filter *High-pass* Model II Sesuai Nomor *Cut Off*.

B. Kumpulan Script

```
function g=gpoly(x0,z0,xcorn,zcorn,ncorn,rho)
gamma=6.673e-11;
si2mg=1e5;
km2m=1e3;
% run
sum=0;
for n=1:ncorn
    if n==ncorn
        n2=1;
    else
        n2=n+1;
    end
    x1=xcorn(n)-x0;
    z1=zcorn(n)-z0;
    x2=xcorn(n2)-x0;
    z2=zcorn(n2)-z0;
    r1sq=x1*x1+z1*z1;
    r2sq=x2*x2+z2*z2;
    if r1sq==0
        break
        disp('Field point on corner')
    elseif r2sq==0
        break
        disp('Field point on corner')
    end
    denom=z2-z1;
    if denom==0
        denom=1E-6;
    end
    alpha=(x2-x1)/denom;
    beta=(x1*z2-x2*z1)/denom;
    factor=beta/(1+alpha*alpha);
    term1=0.5*(log(r2sq)-log(r1sq));
    term2=atan2(z2,x2)-atan2(z1,x1);
    sum=sum+factor*(term1-alpha*term2);
end
g=2*rho*gamma*sum*si2mg*km2m;
```

Script B.1. *gpoly.m*

```

clear all;
clc;
load model2dijit

[i]=find(rho<=1000); rho(i)=1000;
rho=reshape(rho,length(z),length(x));
%rho=rho./1000;

for i=1:length(x);
    rho(:,i)=smooth(rho(:,i),0.125,'moving');
end
for i=1:length(z);
    rho(i,:)=smooth(rho(i,:),0.125,'moving');
end

figure(1);(gcf;
subplot(2,1,2); cla;
pcolor(x,z,rho); colormap('jet'); axis ij; colorbar;
xlabel('distance (km)');
ylabel('depth (km)');

% Extended model parameter
rho2=[repmat(rho(:,1),1,length(x)-1) rho
repmat(rho(:,end),1,length(x)-1)];
xn=[x(1:end-1)-x(end) x x(end)+x(2:end)];
[X,Z] = meshgrid(xn,z);

% Station position
dx = x(2)-x(1);
dz = z(2)-z(1);
dxp = dx;
xp = 0:dxp:max(x);
zp = 0;

ncorn=4;
xcorn = zeros(4,1);
zcorn = zeros(4,1);
[rw,clm]=size(X);
    for i=1:length(xp);
        i
        ii=find(xn==xp(i))-(find(xn==xp(1))-1);
        for j=ii:find(xn==xp(i))+length(x)-2;
            for k=1:rw-1;

```

```

                                xcorn = [X(k,j) X(k,j+1) X(k,j+1)
X(k,j)];
                                zcorn = [Z(k,j) Z(k,j) Z(k+1,j)
Z(k+1,j)];

g1(k,j,i)=gpoly2(xp(i),zp,xcorn,zcorn,ncorn,rho2(k,j)
);
                                gf(k,j,i)=g1(k,j,i)./rho2(k,j);
                                end
                                end
                                end
for i=1:length(xp);
    g(i)=sum(sum(g1(:, :, i)));
end

rho2=rho2(1:end-1,1:end-1);
[rw2,clm2,i]=size(gf);gf=reshape(gf,rw2*clm2,i);

figure(1);gcf;
subplot(2,1,1)
plot(xp,g,'b-');grid on;hold on;axis([ (min(x))
(max(x)) (min(g)) (max(g))])
colorbar;
ylabel('Anomaly (mgal)')
title('Residual Bouger Anomaly');

```

Script B.2. *forwardmodelling.m*

```

clear all;
clc;

load hasilmodel2
n=10;
nx=length(x);N = nx;
z=(g);

dx=1;
ks= dx/nx:dx/nx:dx/2;
LAMBDA=1./ks;
Lamda=(round(abs(logspace(2,0.01,11)))));
PseudoDepth=(1./ks(Lamda)/10*1000)';

zdft = fft(z);
zdft = zdft(1:N/2+1);
psdz = (1/(dx*N)) * abs(zdft).^2;
psdz(2:end-1) = 2*psdz(2:end-1);
SpecAmp=log10( psdz ) ./log10(exp(1));

extzneg=ones(1,3*(nx)).*z(1);
extzpos=ones(1,3*(nx)).*z(end);
z=[extzneg z extzpos];

%for n=1:10;
Lpf=n+1
i=Lamda(Lpf)
j=Lamda(Lpf-1);
bilangan_gelombang=ks(i)
panjang_gelombang=LAMBDA(i)
d =
fdesign.lowpass('Fp,Fst,Ap,Ast',ks(i),ks(j),1,20,dx);
ks(i)
ks(j)
Hd = design(d,'ifir');
zz= filter(Hd,z); %HASILLOWPASS
zzz=z-zz; %HASILHIGHPASS
z=z(length(extzneg)+1:end-length(extzpos));
zz=zz(length(extzneg)+1:end-length(extzpos));
zzz=zzz(length(extzneg)+1:end-length(extzpos));

zdft2 = fft(zz);
zdft2 = zdft(1:N/2+1);

```



```

psdz2 = (1/(dx*N)) * abs(zdft2).^2;
psdz2(2:end-1) = 2*psdz2(2:end-1);
SpecAmp2=log10( psdz2 ) ./log10(exp(1));

% end
norm_data_zz = ((zz-min(zz))*(5+5)/(max(zz)-min(zz))-5);
%SCALING LOWPASS
norm_data_zzz = ((zzz-min(zzz))*(5+5)/(max(zzz)-min(zzz))-5); %SCALING HIGHPASS

figure(1);clf
subplot(2,2,1)
plot(x,z,'k-');
grid on;
xlabel('Original')

subplot(2,2,3)
plot(x,zz,'r-');
grid on;
xlabel('jarak (km)')
ylabel('mgal')

subplot(2,2,4)
plot(x,z,'k-');
grid on;
hold on;
plot(x,zzz,'r-');
grid on;
xlabel('comparison')

subplot(2,2,2)
plot(x,zzz,'b-');grid on;
xlabel('jarak (km)')
ylabel('mgal')

figure(2);clf
semilogx(ks,SpecAmp(1:end-1),'k*');hold on
semilogx(ks(Lamda),SpecAmp(Lamda),'ro');LineWidth =
4;hold on;grid on
xlabel('Frekuensi Spasial (km^-1)')
ylabel('ln A')

```

```
figure(3);clf
semilogx(ks,SpecAmp2(1:end-1),'k*');hold on
semilogx(ks(Lamda),SpecAmp(Lamda),'ro-');hold on;grid
on
```

Script B.3. *Filter.m*

BIODATA PENULIS



Farid Hendra Pradana lahir di Kediri pada 20 Oktober 1995 dan merupakan anak semata wayang dari Bapak Budi Widarto dan Ibu Eva Ken Sajekti. Penulis menempuh pendidikan di SDN Ngagel Rejo 1 (2001-2005), SDN Ketabang V (2005-2007), SMPN 1 Surabaya (2007-2010), SMAN 5 Surabaya (2010-2013). Penulis diterima di Jurusan Teknik Geofisika ITS pada tahun 2013. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi keprofesian diantaranya Staff Divisi Keprofesian HMTG ITS (2014-2015), Ketua Divisi Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (2015-2016), dan Ketua Divisi Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (2016-2017). Selain itu penulis juga aktif dalam kegiatan pelatihan, *field trip*, dan penelitian diantaranya *Petrophysics Training* HMTG 2015, *Petroleum Industrial Training* UGM 2016, *Seismic Processing Training* UGM 2017, *Geophysical Fieldtrip* HMGI 2016 (*Geothermal*), *Geophysical Fieldtrip* HMGI 2017 (*Geothermal*), *Geophysics Expedition* HMGF UGM 2016, penelitian tentang penentuan posisi *monorail* menggunakan metode GPR, penelitian persebaran air lindi pada TPA Ngipik Gresik menggunakan metode VLF, dan penelitian *mud volcano* menggunakan metode mikrotremor. Penulis juga pernah menjadi Asisten Matakuliah Analisis Data *Well Log*. Prestasi yang pernah diraih oleh penulis yakni Juara 2 Basket Olimpiade FTSP 2014 dan Juara I *Smart Competition* HMTG *Innovation Challenge*. Penulis memiliki *passion* dalam bidang panas bumi dan geofisika teknik dan lingkungan.

Apabila ingin berdiskusi lebih dalam terkait Tugas Akhir atau hal yang lain, dapat menghubungi penulis melalui alamat email faridhendrapradana@gmail.com atau farid.hendra13@mhs.geofisika.its.ac.id serta melalui nomor telepon 08563188322. Sekian dan terima kasih.